Bull. Ecol., 1973, t. IV, 3, p. 151-185.

INCIDENCE DU CLIMAT SUR LES MICROARTHROPODES D'UN SOL FORESTIER EN RÉGION TEMPÉRÉE

II. RELATIONS FAUNE-CLIMAT

par Guy VANNIER

Laboratoire d'Ecologie générale du Muséum National d'Histoire Naturelle,
4, avenue du Petit-Château, 91800 - BRUNOY, Essonne.

SOMMAIRE DE LA DEUXIEME PARTIE

N.B. — Le lecteur consultera la première partie de ce travail qui est publiée dans un volume précédent (*Bull. Soc. Ecol.*, 1972, t. III, 4, p. 463-491).

RÉSUMÉ

Le thème du présent travail s'accorde davantage avec la définition littérale de l'écologie comme la science du milieu. Dans une étude préparatoire, on a analysé la dynamique du climat dans deux aires de prélèvements sous couvert forestier, l'une livrée aux aléas du climat local, l'autre privée des apports hydriques naturels et asséchée pour un dispositif de circulation d'air. Puis, à l'aide de modèles statistiques simples, on a recherché l'impact de chaque facteur climatique sur la distribution verticale des principaux groupes de Microarthropodes du sol (Acariens et Collemboles).

ZUSAMMENFASSUNG

Vorliegende Arbeit beschäftigt sich im engeren Sinne mit der Okologie als Wissenschaft der Umwelterforschung. In einer Voruntersuchung wurde die Klimadynamik von zwei Versuchsfeldern mit Waldbestand analysiert. Das eine Versuchsfeld unterlag den Zufallsfaktoren des lokalen Klimas, während das andere Versuchsfeld gegen natürliche Wasserzufuhr abgeschirmt war und mit Hilfe einer Windgebläsevorrichtung ausgetrocknet wurde. Mit Hilfe von einfachen statistichen Methoden wurde der Einfluß der einzelnen Klimafaktoren auf die vertikale Verbreitung der Beiden wichtigsten Gruppen der Mikroarthropoden des Bodens (Acarina und Collembola) untersucht.

C. — ANALYSE FAUNISTIQUE

1. — Dénombrement et distribution verticale des Acariens et des Collemboles dans chaque parcelle.

Cette étude a été limitée à la reconnaissance des grandes unités systématiques à l'intérieur des deux plus importants peuplements microarthropodiens du sol que sont les Acariens et les Collemboles.

Parmi les Acariens, nous avons séparé les *Oribates* du reste de la faune acarologique où dominent essentiellement les *Mésostigmates*.

Parmi les Collemboles, nous avons distingué les Symphypléones, eux-même subdivisés en *Néélides, Sminthurides, Dicryrtomides,* et les Arthropléones à leur tour subdivisés en *Poduromorphes, Isotomides* et *Entomobryens.*

Ces divisions et subdivisions constituent les unités d'analyse statistique dans le travail que nous présentons ici. Toutefois, le matériel zoologique récolté au cours de ce programme est soigneusement conservé et étiqueté, afin d'en poursuivre plus tard l'investigation au niveau spécifique.

Les résultats quantitatifs du produit de l'extraction sélective des échantillons du sol prélevés dans les deux parcelles sont consignés dans deux tableaux séparés (tableau II et III). A chaque journée d'échantillonage et pour les trois niveaux édaphiques prospectés, correspond le nombre total d'individus appartenant à une même unité systématique et extraits à partir des 10 échantillons du sol prélevés dans chacune des parcelles.

La lecture de ces deux tableaux donnent un premier aperçu de l'importance numérique de chaque groupe zoologique lorsque l'on consulte la colonne totalisatrice des fréquences d'occurrence à la fin des deux programmes. Pour des raisons physiques évidentes, il est clair que le nombre d'animaux décroît en fonction de la profondeur et plus encore lorsque les individus appartiennent à des formes généralement épigées tels les Collemboles Sminthurides et Dicyrtomides. En comparant les deux tableaux, on constate qu'en règle générale, il y a plus d'animaux dans la parcelle désséchée que dans le témoin. Cette remarque est encore plus convaincante si on totalise le nombre d'individus rencontrés dans les trois horizons. Ainsi, chez les Acariens, nous avons recensé 3 440 Oribates dans la parcelle desséchée contre 1669 dans la parcelle témoin et 3 741 Mésostigmates contre 2 922. Chez les Collemboles Arthropléones nous avons dénombré 569 Poduromorphes dans la parcelle desséchée contre 242 dans la parcelle témoin. 2 579 Isotomides contre 1 048; 1 953 Entomobryens contre 1 481. Les Collemboles Symphypléones semblent

TABLEAU II

Dénombrement des Acariens et des Collemboles dans la parcelle témoin.

Journées d'échantillonnage

Groupes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	Total
Horizon 0-2,5 cm																			
Oribates	55	67	130	150	44	51	70	50	56	54	67	45	47	30	57	78	88	66	1 205
Mésostigmates	101	68	174	194	58	89	86	88	69	61	98	107	57	70	53	122	115	66	1 676
Neelides	17	5	18	16	1	3	1	1	7	3	6	2	7	7		16	10	3	123
Sminthudrides	17	13	11	10	3	1	2	3	39	10	27	45	21	12	8	41	4	2	269
Dicyrtomides	13	9	2	2	4	3	1	2	2	2	3	1	1	1	6	3	1	7	63
Poduromorphes	13	7	9	3	4	1	1	3	5	10	5	6	3	2	3	2	3	5	85
Isotomides	56	35	73	50	21	32	36	37	21	19	24	20	16	35	22	78	75	57	707
Entomobryens	113	76	100	105	55	60	54	59	76	28	57	30	41	54	61	70	107	57	1 203
Horizon-25-5 cm																			
Oribates	12	29	78	46	19	17	12	24	16	9	5	4	6	4	16	10	15	20	342
Mesostigmates	30	51	80	66	34	38	24	30	28	30	33	33	17	25	22	72	114	36	763
Neelides	2	4	2	2			1				1			1	1	2	1		17
Sminthurides	6	2	1		1				13			4		4		2	2		36
Dicyrtomides																2			2
Poduromorphes	7	9	12	7	5	5	4	6	4	3	3	1	3	2	4	4	13	9	101
Isotomides	37	15	12	14	3	4	4	5	13	4	2	4	7	3	4	9	37	49	226
Entomobryens	25	13	23	11	15	8	2	1	10	4	4	2	9	7	1	19	12	13	179
Horizon-5-7,5 cm																			
Oribates	8	6	21	19	5	11	3	3	3	4	6	1	9	4	3	4	7	5	122
Mesostigmates	24	20	47	61	23	18	10	24	19	19	32	28	18	11	8	19	65	37	483
Neelides	3	5	1	1				1		1				1	1	1	1	2	18
Sminthurides									1		1	1	2					1	6
Dicyrtomides		1				1											1		3
Poduromorphes	2	3	8	6	2	2	6	3	2	4	4		1		1	3	6	3	56
Isotomides	12	9	10	8		1	8	5	4	2			3		1	6	27	19	115
Entomobryens	8	1	19	12	3	3	1	2		1	2		12	3		5	10	17	99

échapper à cette règle et les trois groupes sont moins richement représentés en individus dans la parcelle desséchée que dans la parcelle témoin. Néélides 62 contre 158; Sminthurides 241 contre 311; Dicyrtomides 24 contre 68. Ces différences ne sont pas dûes au hasard du choix des aires de prélèvements; dans un programme précédent, nous avions déjà observé la même tendance (1).

(1) Du 28 mars au 10 juillet 1967, à raison de 5 prélèvements hebdomadaires par niveau édaphique dans chaque parcelle, nous avons trouvé respectivement dans la parcelle desséchée et dans la parcelle témoin les résultats suivants : Oribates 830 contre 523; Mésostigmates 1 190 contre 823; Néélides 14 contre 45; Sminthurides 80 contre 251; Dicyrtomides 9 contre 96; Poduromorphes 432 contre 173; Isotomides 703 contre 863; Entomobryens 456 contre 715. Par ailleurs les résultats préliminaires obtenus par F. ATHIAS (1971) font état d'une augmentation de la densité des Acariens dans les sols d'une savane africaine au cours de la grande saison sèche.

Tableau III

Dénombrement des Acariens et des Collemboles dans la parcelle desséchée.

Journées d'échantillonnage

Groupes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	Total
Horizon 0-2,5 cm																			
Oribates	107	135	105	178	104	123	130	126	145	140	158.	171	235	156	166	101	90	59	2 429
Mesostigmates	92	183	112	99	83	106	101	107	97	134	117	102	46	115	98	99	59	66	1 816
Neelides	8	11	1	2	2	1	3	1	1	2	1	1							34
Sminthurides	26	38	10	8	12	9	17	19	9	11	4	23	7	9	7	1	2		212
Dicyrtomides	13	4	2	2	2														23
Poduromorphes	18	8	9	6	1	10	8	6	6	16	16	8	1	7	2	2			124
Isotomides	87	104	138	52	82	93	130	93	119	144	107	45	20	65	30	19	5		1 333
Entomobryens	108	122	107	134	101	94	126	104	143	107	115	113	59	63	64	36	29	8	1 633
Horizon-2,5-5 cm																			
Oribates	40	58	43	61	45	30	22	31	19	37	19	46	80	52	24	32	34	63	736
Mesostigmates	63	104	70	68	63	47	52	49	41	50	52	63	97	89	80	81	86	62	1 217
Neelides	4	1	1	1	1	1					1		1	2	1	2			16
Sminthurides	2		1	1		1	2					2						1	10
Dicyrtomides																			
Poduromorphes	15	8	20	26	8	13	1	9	13	21	11	9	23	14	8	13	10	3	225
Isotomides	36	32	39	81	29	46	42	31	34	60	50	69	116	109	55	55	29	3	916
Entomobryens	16	15	18	7	3	14	6	5	4	9	5	20	11	8	10	16	17	5	189
Horizon-5-7,5 cm																			
Oribates	14	38	26	13	10	21	15	27	11	13	4	15	19	8	4	10	1	26	275
Mesostigmates	25	63	48	30	33	34	43	25	20	56	39	38	52	47	33	47	23	52	708
Neelides	2	3			1						2	1	1	1	1				12
Sminthurides		7	1	1				1				4		1		4			19
Dicyrtomides											1								1
Poduromorphes	15	6	17	15	9	8	6	13	11	28	5	14	11	18	12	14	13	5	220
Isotomides	10	15	10	20	7	21	7	8	10	22	9	25	47	27	24	27	34	7	330
Entomobryens	7	43	12	8	5	6	2	1	3	4	3	1	4	6	1	10	6	9	131

La présentation des données numériques globales dans les tableaux II et III a le grand inconvénient de masquer le caractère hétérogène de la distribution des animaux sur le terrain. De manière générale, les Microarthropodes du sol ont une forte tendance à se grouper par taches dans le sol; pour les groupes zoologiques qui nous intéressent, nous avons vérifié qu'à chaque séance d'échantillonnage dans les deux parcelles leur mode de distribution répondait à la loi binomiale négative témoignant ainsi d'une répartition en agrégats (moyenne $\bar{x} <$ variance s^2).

Ce mode de répartition quasi-général chez les Microarthropodes du sol se reflète tout naturellement dans l'extrême variabilité des résultats de l'extraction sélective concernant les 10 prélèvements de terre

composant la journée d'échantillonage. Ces variations ne sont pas imputables au mode de récolte des animaux, car tous les échantillons d'un même niveau édaphique sont traités dans les mêmes conditions thermodynamiques.

Cette variabilité peut se concrétiser en calculant l'indice de dispersions relative ou coefficient de variation exprimé sous la forme d'un pourcentage de l'écart-type s à la moyenne $\bar{x}$ ($V = s/\bar{x} \times 100$). Ce paramètre indique bien le degré d'hétérogénéité de la présence des animaux dans les 10 prélèvements du sol rapportés au laboratoire; à titre indicatif nous avons calculé les valeurs qu'il peut prendre pour les Acariens Oribates et les Collemboles Isotomides dans les deux parcelles (tableaux IV et V).

Chez les Oribaes comme chez les Isotomides, on remarque que l'hétérogénéité de la distribution des individus dans les 10 prélèvements composant chaque journée d'échantillonage s'accentue considérablement avec la profondeur. Ainsi, dans l'horizon profond — 5 — 7,5 cm, il est fréquent de constater l'absence totale d'Oribates ou d'Isotomides dans plus de la moitié des prélèvements.

Sur le tableau IV, il est intéressant de noter que la répartition des Oribates dans les prélèvements appartenant à l'horizon 0 — 2,5 cm de la parcelle desséchée n'est pas différente de celle observée au même niveau dans la parcelle témoin; les moyennes des coefficients de variation confirment cette observation : parcelle desséchée $\bar{V} = 61,18$ %; parcelle témoin $\bar{V} = 65,14$ %.

En revanche, sur le tableau V, la répartition des Isotomides dans les prélèvements appartenant à l'horizon de surface est notablement affectée par le processus de séchage; ainsi qu'en témoignent les moyennes des coefficients de variation dans les deux parcelles : parcelle desséchée $\bar{V} = 111,23$ %; parcelle témoin $\bar{V} = 84,72$ %.

De manière générale, on peut dire que les Isotomides ont une plus forte tendance à se grouper en agrégats que les Oribates dans les conditoins naturelles. Lorsque le milieu s'appauvrit en eau, cette tendance s'accentue pour les Isotomides alors que les Oribates n'en sont pas affectés. Ces remarques annoncent déjà des différences de comportement entre les deux groupes zoologiques vis-a-vis de l'état hydrique du sol.

La lecture des tableaux II et III montre également qu'il n'est pas possible de discerner de véritables oscillations saisonnières dans la suite des fréquences globales de la plupart des groupes zoologiques. Tout se passe comme si l'intérieur de chaque groupe le remplacement d'une espèce par une autre maintient le nombre total des individus à un niveau assez élevé indépendant de la période de l'année. Cette première réflexion incite à penser qu'en l'absence de variations saisonnières dans les effectifs des populations de Microarthropodes, il est peu probable d'établir de corrélation significative avec les principaux facteurs du climat dont le cycle saisonnier est bien marqué. L'expérience que nous possédons dans ce domaine nous conduit plutôt à confronter les facteurs du climat aux fréquences relatives des groupes systématiques, c'est-à-dire à leur distribution verticale ,plus informative de leur position dans le biotope. Pour chaque groupe zoologique, nous avons tracé les courbes de distribution verticale en fonction du temps dans les deux parcelles. Pour rendre ces courbes plus parlantes, nous avons porté en ordonnées, non pas les valeurs brutes des pourcentages d'individus dans chaque horizon, mais les moyennes mouvantes (moving average de TAYLOR, 1965) calculées à partir de trois pourcentages consécutifs de proche en proche. Cette pondération de chaque valeur par les deux suivantes atténue les variations aléatoires des pourcentages et souligne davantage les véritables tendances de la distribution verticale des animaux. Il faut ajuster cette méthode graphique au matériel zoologique que l'on étudie, de façon à ce que l'intervalle de temps qui sert de base au calcul des moyennes mouvantes ne dépasse pas la durée moyenne du cycle vital de chaque espèces. Dans notre cas cet intervalle est de 30 jours et la plupart des animaux de notre station possède un cycle vital relativement long : chez les Oribates la durée d'une génération varie de 6 à 12 mois; chez les Collemboles elle est de plusieurs mois.

TABLEAU IV

Calcul de l'indice de dispersion relative ou coefficient de variation des Acariens Oribates *dans les 10 prélèvements composant chaque journée d'échantillonnage*

	Parcelle témoin			Parcelle déssechée		
Journées d' échantillonnage	Horizon 0-2,5 cm	Horizon -2,5-5 cm	Horizon -5-7,5 cm	Horizon 0-2,5 cm	Horizon -2,5-5 cm	Horizon -5-7,5 cm
I	64,7	94,1	113,7	88,6	99,2	122,1
II	84,9	133,4	178,3	70,1	83,1	123,3
III	50,2	92,1	72,3	33,6	83,4	68,0
IV	81,3	89,3	155,7	106,8	110,9	114,6
V	100,4	134,2	140,0	61,4	131,3	124,0
VI	60,7	82,9	100,0	44,8	100,3	203,8
VII	69,0	199,1	223,3	41,6	128,1	164,0
VIII	85,2	94,5	160,0	61,4	97,7	155,9
IX	47,6	106,8	160,0	45,1	90,5	130,9
X	81,8	160,0	240,0	48,6	55,4	108,4
XI	56,7	194,0	261,6	44,1	112,1	172,5
XII	54,6	172,5	310,0	50,7	69,5	105,3
XIII	38,7	192,0	315,5	126,4	86,1	106,3
XIV	49,6	172,5	240,0	29,7	95,3	128,7
XV	69,6	156,2	223,3	50,0	68,3	172,5
XVI	74,3	188,0	172,5	67,8	111,8	124,0
XVII	44,4	105,3	117,1	58,5	117,6	310,0
XVIII	58,9	122,0	140,0	72,0	53,3	156,1

TABLEAU V

Calcul de l'indice de dispersion relative ou coefficient de variation des Collemboles Isotomides *dans les 10 prélèvements composant chaque journée d'échantillonnage.*

	Parcelle témoin			Parcelle déssechée		
Journées d' échantillonnage	Horizon 0-2,5 cm	Horizon -2,5-5 cm	Horizon -5-7,5 cm	Horizon 0-2,5 cm	Horizon -2,5-5 cm	Horizon -5-7,5 cm
I	64,1	85,4	115,8	75,8	85,0	115,0
II	160,0	109,3	142,2	93,1	104,6	118,0
III	67,1	128,3	105,0	124,2	99,2	156,0
IV	92,8	135,0	275,0	114,2	80,0	100,0
V	65,2	223,3	–	45,1	188,2	178,5
VI	82,8	210,0	310,0	99,5	145,6	283,3
VII	64,1	172,5	163,7	96,2	118,1	150,0
VIII	90,8	104,0	140,0	96,8	125,8	97,5
IX	60,9	173,8	127,5	72,8	78,5	105,0
X	100,5	172,5	210,0	77,5	92,5	100,0
XI	52,5	210,0	–	82,2	153,4	176,6
XII	81,5	172,5	–	114,2	80,0	111,6
XIII	106,8	222,8	223,3	168,0	73,6	94,0
XIV	85,4	223,3	–	94,7	93,3	85,5
XV	102,2	240,0	310,0	109,6	58,1	137,5
XVI	95,6	110,0	178,3	211,0	87,8	62,9
XVII	76,6	120,8	94,0	216,0	95,1	115,8
XVIII	76,1	175,3	187,8	–	223,3	134,2

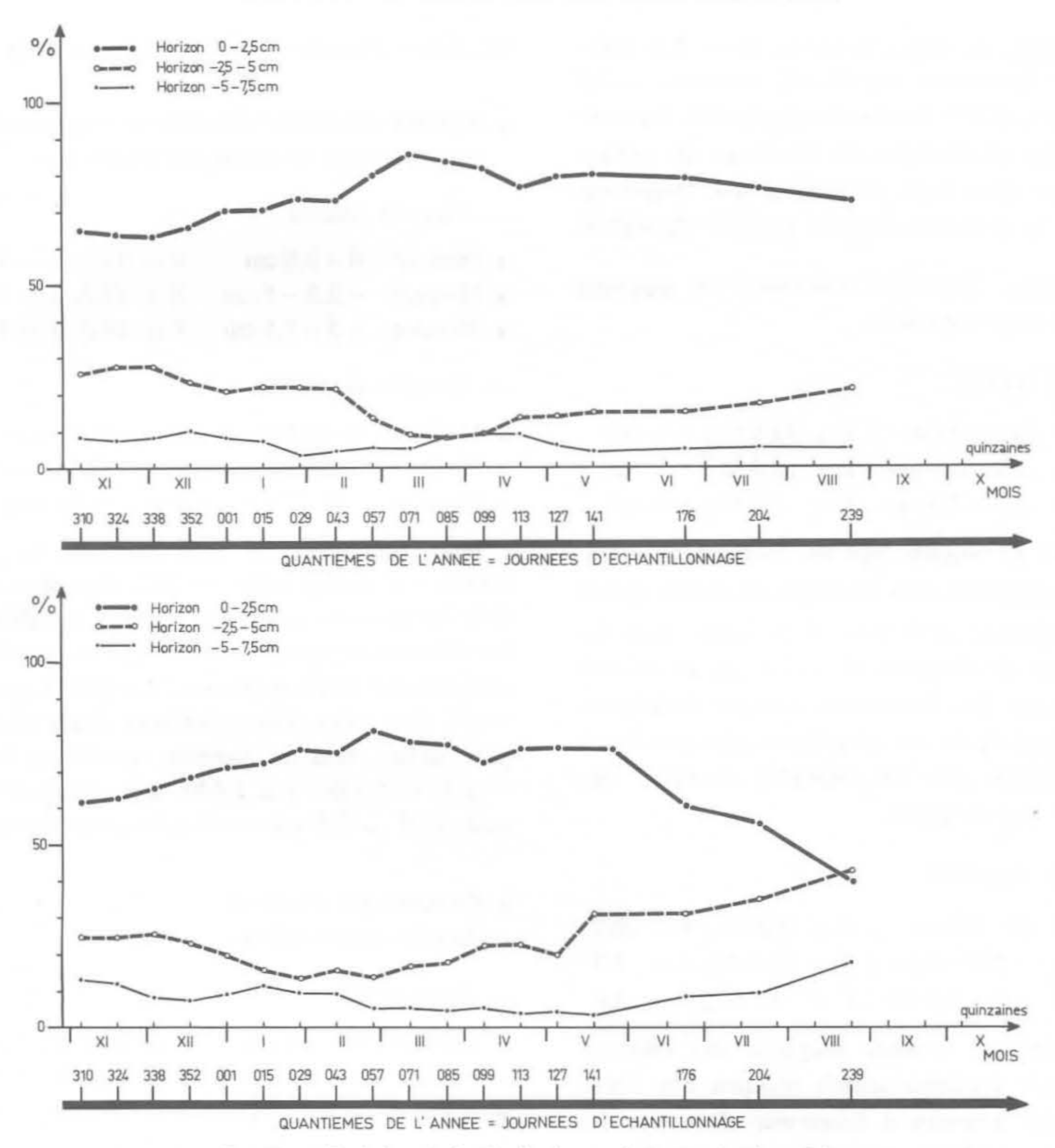


FIG 17. — Evolution de la distribution verticale des Acariens Oribates du mois de novembre 1967 au mois d'Août 1968. *En haut :* dans la parcelle témoin. *En bas :* dans la parcelle desséchée.

a) *Acariens Oribates* (Fig. 17).

- Nombre d'individus récoltés en moyenne dans les trois horizons au cours du programme :

— *Parcelle témoin*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 66{,}9$; $s = 29{,}9$
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 19{,}0$; $s = 17{,}9$
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 6{,}7$; $s = 5{,}4$

— *Parcelle desséchée*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 134{,}9$; $s = 39{,}8$
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 40{,}8$; $s = 16{,}8$
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 15{,}2$; $s = 9{,}4$

Les moyennes des fréquences globales montrent que les Oribates sont plus nombreux dans la parcelle desséchée. Le test-*t* de Student qui permet de comparer les moyennes obtenues dans les mêmes hori-

zons confirme ce fait : horizons 0 — 2,5 cm : $t = 5{,}773$, hautement significatif; horizons — 2,5 — 5 cm : $t = 3{,}771$, hautement significatif. La comparaison des écarts-types de l'horizon de surface indique une plus forte dispersion des fréquences autour de la moyenne dans la parcelle desséchée.

- Pourcentages d'individus rencontrés en moyenne dans les trois horizons :

— *Parcelle témoin*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 74{,}5$ %; $s = 8{,}8$
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 18{,}4$ %; $s = 8{,}2$
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 7{,}1$ %; $s = 3{,}5$

La figure 17 montre que les Oribates se maintiennent en majorité dans l'horizon de surface quelle que soit l'époque de l'année. Les écarts entre les pourcentages de l'horizon 0 — 2,5 cm et les suivants peuvent être interprétés comme indications des conditions de la vie édaphique; plus ces écarts sont importants, plus les individus montrent une tendance à la vie épigée.

— *Parcelle desséchée*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 70{,}4$ %; $s = 10{,}7$
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 21{,}5$ %; $s = 7{,}7$
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 8{,}1$ %; $s = 5{,}0$

La distribution verticale moyenne des Oribates de la parcelle desséchée semble indiquer une légère tendance des individus à fréquenter davantage les horizons plus profonds. Cependant l'application du test de Student aux moyennes des pourcentages n'indique pas de différence significative entre les deux parcelles, contrairement à ce qui a été observé en comparant les moyennes des fréquences. Nous avons en effet trouvé : horizons 0 — 2,5 cm : $t = 1{,}233$, pas significatif; horizons — 2,5 — 5 cm : $t = 1{,}155$; pas significatif; horizons — 5 — 7,5 cm, pas significatif. La figure 17 indique que la tendance à migrer en profondeur dans la parcelle desséchée se dessine tardivement sur la fin du programme.

b) *Autres Acariens ou Mésostigmates* (Fig. 18).

- Nombre d'individus récoltés en moyenne dans les trois horizons au cours du programme.

— *Parcelle témoin*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 93{,}1$; $s = 39{,}1$
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 42{,}3$; $s = 25{,}1$
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 26{,}8$; $s = 16{,}2$

— *Parcelle desséchée*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 100{,}8$; $s = 29{,}6$
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 67{,}6$; $s = 18{,}3$
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 39{,}3$; $s = 12{,}4$

Pour l'ensemble des trois horizons, la parcelle témoin est moins riche en Mésostigmates. Cependant les horizons de surface abritent le même nombre d'individus comme en témoigne le test de comparaison des deux moyennes : $t = 0{,}674$, pas significatif. Les deux autres horizons étant légèrement plus riches dans la parcelle desséchée; horizons — 2,5 — 5 cm : $t = 3{,}440$, très significatif; horizons — 5 — 7,5 cm : $t = 2{,}597$, significatif.

- Pourcentages d'individus rencontrés en moyenne dans les trois horizons :

— *Parcelle témoin*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 58{,}4$ %; $s = 7{,}8$
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 25{,}5$ %; $s = 6{,}0$
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 16{,}1$ %; $s = 4{,}8$

La figure 18 rend compte de la distribution à caractère plus endogée des Mésostigmates; les trois courbes de pourcentages sont ici plus rapprochées les unes des autres.

— *Parcelle desséchée*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 48{,}4$ %; $s = 9{,}3$
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 32{,}8$ %; $s = 7{,}9$
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 18{,}8$ %; $s = 4{,}4$

La tendance à la vie endogée est encore plus prononcée dans la parcelle desséchée, ainsi que le

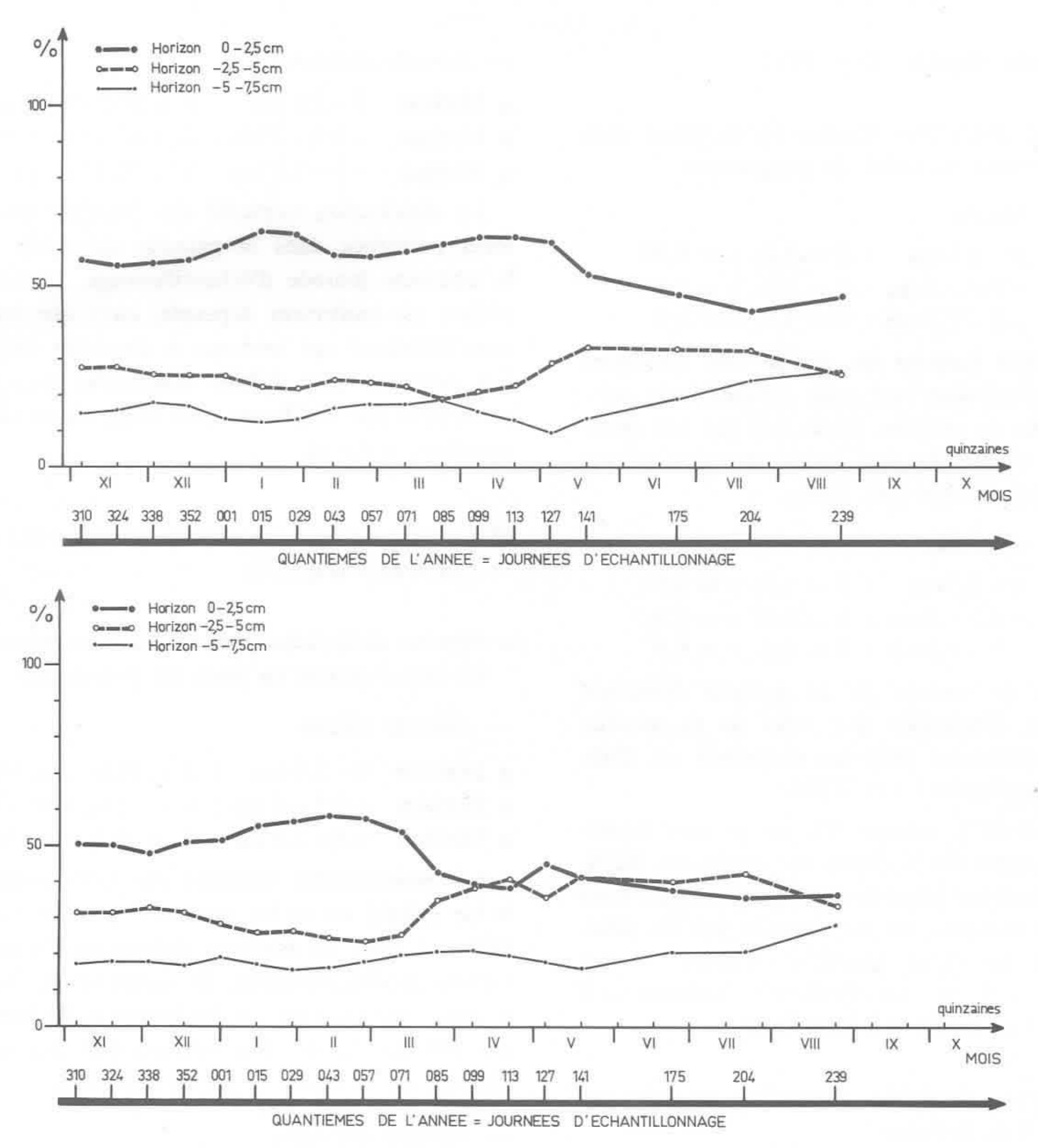


FIG. 18. — Evolution de la distribution verticale des Acariens Mésostigmates du mois de novembre 1967 au mois d'août 1968.
En haut : dans la parcelle témoin. *En bas :* dans la parcelle desséchée.

montre la convergence des trois courbes de la figure 18. Il semble que l'horizon de surface a cédé une partie de ses Mésostigmates au profit de l'horizon moyen vers le milieu de l'expérience. Cet échange entraîne des différences significatives avec les moyennes de pourcentages calculées dans la parcelle témoin; horizons 0 — 2,5 cm : $t = 3{,}515$, très significatif; horizons — 2,5 — 5 cm : $t = 3{,}116$, très significatif.

L'horizon profond de la parcelle desséchée ne semble pas concerné par ces migrations verticales; d'ailleurs il n'existe pas de différence significative entre les moyennes des deux parcelles : $t = 1{,}746$, pas significatif.

c) *Collemboles Néélides* (Fig. 19).

• Nombre d'individus récoltés en moyenne dans les trois horizons au cours du programme.

— *Parcelle témoin*

• Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 6,8; s = 6,07
• Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 0,9; s = 1,1
• Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 1,0; s = 1,2

Les Néélides forment un groupe très homogène chez les Collemboles; leur taille n'excède pas quelques centaines de microns; ils ne sont pas très abondants dans le sol ainsi que le montrent les valeurs des moyennes souvent très faibles.

— *Parcelle desséchée*

• Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 1,8; s = 2,9
• Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 0,8; s = 1,0
• Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 0,6; s = 0,9

L'horizon de surface de la parcelle desséchée abrite moins d'individus que celui de la parcelle témoin; la différence entre les moyennes est d'ailleurs très significative : t = 3,108.

En consultant le tableau III, on se rend immédiatement compte de la disparition totale des Néélides à la treizième journée d'échantillonnage. Pour les horizons suivants, on ne constate pas de différence entre les deux parcelles; horizons — 2,5 — 5 cm : t = 0,156, pas significatif; horizons — 5 — 7,5 cm : t = 0,899, pas significatif.

• Pourcentages d'individus rencontrés en moyenne dans les trois horizons :

— *Parcelle témoin*

• Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 74,9 %; s = 28,8
• Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 11,2 %; s = 15,9
• Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 13,9 %; s = 18,0

La figure 19 indique une variation sinusoïdale dans la distribution verticale des Néélides; en l'absence complète des données biologiques sur les deux ou trois espèces qui composent ce groupe de Collemboles, il n'est pas possible de donner une explication à ce phénomène.

— *Parcelle desséchée*

• Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 56,3 %; s = 39,2
• Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 25,0 %; s = 29,2
• Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 18,7 %; s = 21,1

La distribution verticale des Néélides est fortement perturbée dans la parcelle desséchée. Après la treizième journée d'échantillonnage, l'horizon de surface est totalement dépeuplé, alors que les horizons inférieurs ont tendance à s'enrichir (Fig. 19). Les nombres trop faibles d'individus récoltés ne permettent pas d'affirmer qu'il s'agit d'une véritable migration verticale.

d) *Collemboles Symphypléones; Sminthurides et Dicyrtomides* (Fig. 20).

• Nombre de Sminthurides récoltés en moyenne dans les trois horizons au cours du programme.

— *Parcelle témoin*

• Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 14,9; s = 14,1
• Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 2,0; s = 3,2
• Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 0,3; s = 0,5

Les Sminthurides montrent une nette tendance à la vie épigée; on ne les rencontre que très accidentellement dans les horizons strictement édaphiques; comme des Dicyrtomides, ils vivent sur les tiges de la strate herbacée ou sur les branches de bois mort qui jonchent le sol. On constate que leur nombre diminue au cours de la période hivernale.

— *Parcelle desséchée*

• Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 11,7; s = 9,6
• Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 0,5; s = 0,7
• Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 1,0; s = 1,9

La tendance à la vie épigée est toujours bien marquée chez les Sminthurides de la parcelle desséchée. Si on récolte en moyenne moins d'animaux dans l'horizon de surface par rapport au terrain, cela tient à une brusque réduction des effectifs dans les dernières journées d'échantillonnage (consulter le tableau III).

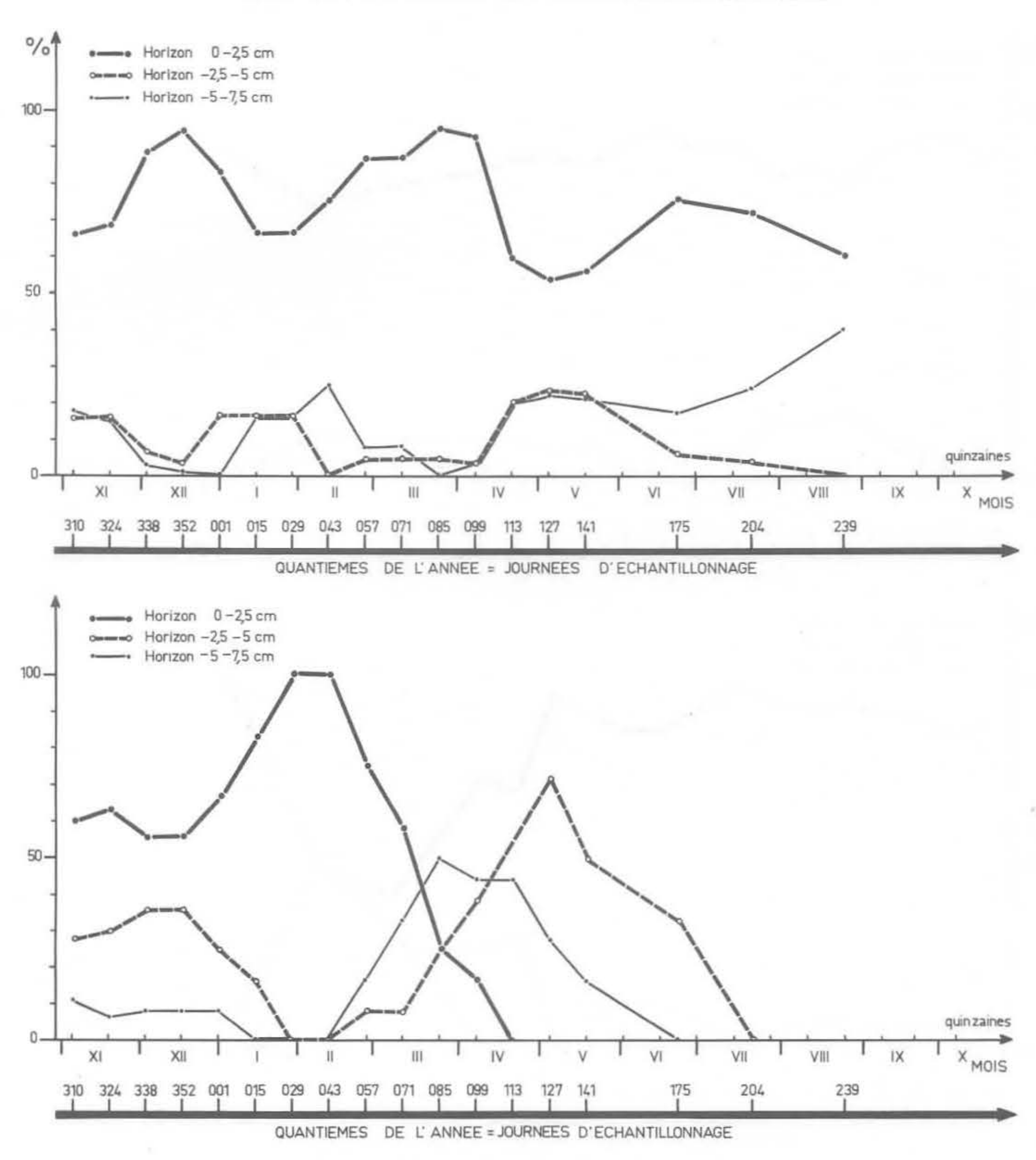


FIG. 19. — Evolution de la distribution verticale des Collemboles Néélides du mois de novembre 1967 au mois d'août 1968.
En haut : dans la parcelle témoin. *En bas :* dans la parcelle desséchée.

• Nombre de Dicyrtomides récoltés en moyenne dans les trois horizons au cours du programme.

— *Parcelle témoin*

• Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 3,5$; $s = 3,2$
• Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 0,11$; $s = 0,47$
• Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 0,16$; $s = 0,38$

Les Dicyrtomides se rencontrent en moins grand nombre à la fin du printemps; ils semblent céder leur place aux Sminthurides vers le début de l'été.

— *Parcelle desséchée*

• Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 1,27$; $s = 3,14$
• Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 0$
• Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 0,05$; $s = 0,23$

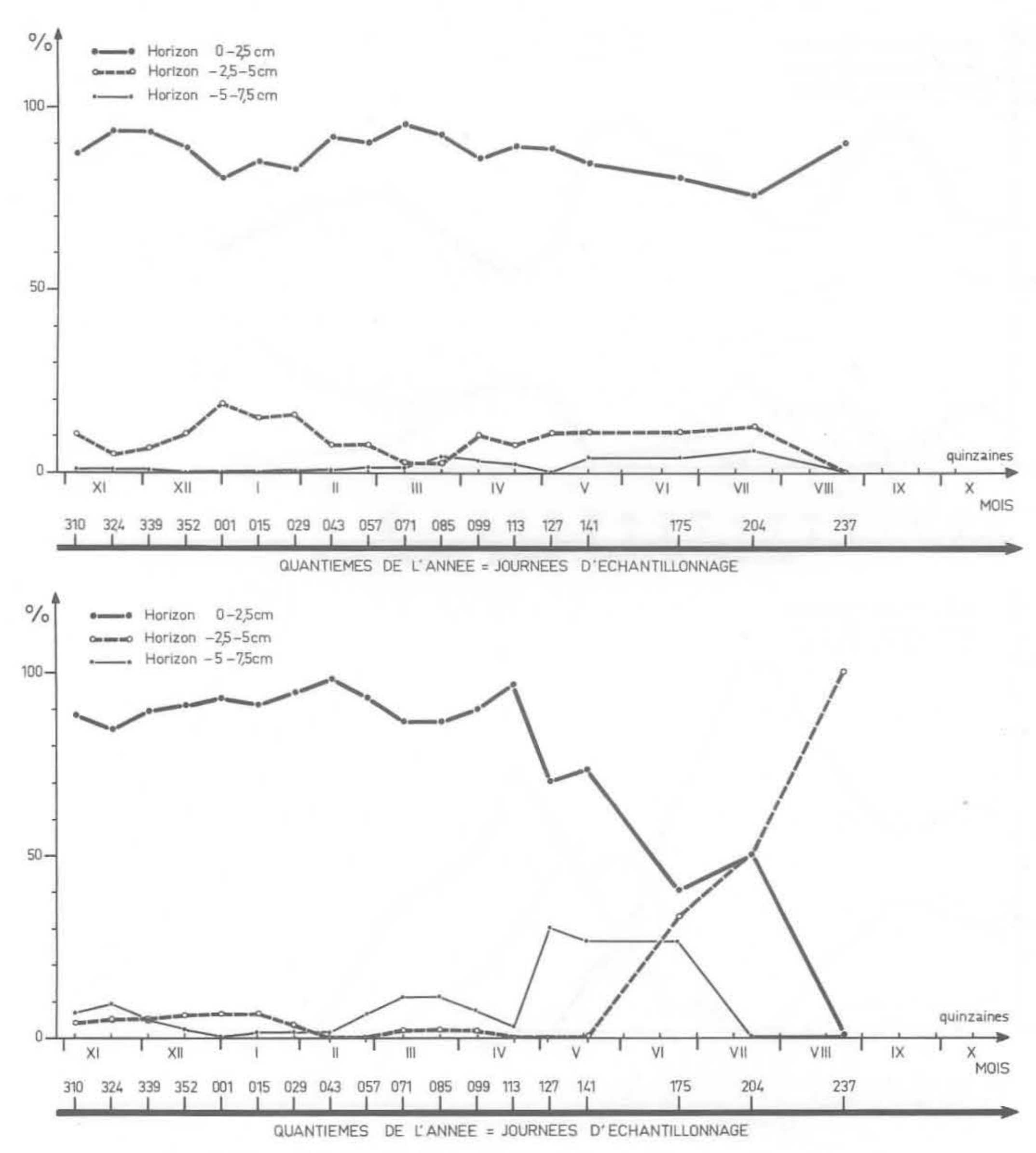


FIG. 20. — Evolution de la distribution verticale des Collemboles Symphypléones (Sminthurides et Dicyrtomides) du mois de novembre 1967 au mois d'août 1968. *En haut :* dans la parcelle témoin. *En bas :* dans la parcelle desséchée.

Les Dicyrtomides disparaissent totalement de l'horizon de surface dès la sixième journée d'échantillonnage; l'importance de l'écart-type devant la moyenne rend compte de cet évènement.

- Pourcentages de Symphypléones (Sminthurides et Dicyrtomides) rencontrés en moyenne dans les trois horizons.

— *Parcelle témoin*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} =$ 87,8 %; $s =$ 10,6
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} =$ 9,9 %; $s =$ 9,9
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} =$ 2,3 %; $s =$ 3,9

La figure 20 illustre la très forte tendance des Symphyléones (Sminthurides et Dicyrtomides) à la

vie épigée. L'écart entre les pourcentages de l'horizon de surface et ceux qui lui font suite est le plus important de tous les autres groupes de Microarthropodes.

— *Parcelle desséchée*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 83,0 %; s = 27,7
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 8,2 %; s = 23,2
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 8,8 %; s = 18,8

Le second graphique de la figure 20 montre un net appauvrissement de l'horizon de surface à partir de la treizième journée d'échantillonnage; mais il ne semble pas que cette disparition s'effectue au profit des horizons sous-jacents.

e) *Collemboles Poduromorphes* (Fig. 21).

- Nombre d'individus récoltés en moyenne dans les trois horizons au cours du programme.

— *Parcelle témoin*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 4,7; s = 3,2
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 5,6; s = 3,3
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 3,1; s = 2,2

On rencontre en moyenne plus de Poduromorphes dans les horizons profonds; cette constatation indique que ces animaux présentent une très nette tendance à la vie endogée.

— *Parcelle desséchée*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 6,8; s = 5,5
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 12,5; s = 6,6
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 12,2; s = 5,6

La tendance à la vie endogée est encore plus marquée dans la parcelle desséchée; le tableau III montre que l'horizon de surface cède la totalité de ses animaux au cours des dernières journées d'échantillonnage. Cette migration en profondeur est d'ailleurs confirmée par le test de Student comparant les moyennes des horizons inférieurs dans les deux parcelles : horizons — 2,5 — 5 cm : t = 3,942, hautement significatif; horizons — 5 — 7,5 cm : t = 6,376, hautement significatif.

- Pourcentages d'individus rencontrés en moyenne dans les trois horizons.

— *Parcelle témoin*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 36,4 %; s = 19,3
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 47,7 %; s = 13,0
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 21,9 %; s = 13,2

La figure 21 montre une imbrication des trois courbes de distribution verticale, soulignant ainsi une nette tendance à la vie endogée. On constate qu'en hiver et en été les Poduromorphes se maintiennent de préférence dans les horizons profonds, alors qu'au printemps ils fréquentent en majorité l'horizon supérieur; cette alternance donne aux trois courbes une allure sinusoïdale, en opposition de phase entre l'horizon 0 — 2,5 cm et les suivants.

— *Parcelle desséchée*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 20,9 %; s = 16,1
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 38,6 %; s = 12,00
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 40,5 %; s = 12,03

Le second diagramme de la figure 21 donne une image déformée de la distribution verticale des Poduromorphes par rapport au témoin. Les 4 premières journées d'échantillonnage qui se sont déroulés au cours des mois de novembre et décembre, ont permis de mettre en évidence une distribution verticale comparable à celle du témoin, c'est-à-dire avec les horizons profonds plus riches en animaux que l'horizon de surface. Mais de la cinquième à la dixième journée d'échantillonnage, on constate que les animaux se répartissent en égales proportions dans les trois horizons et à partir de la onzième séance d'échantillonnage, la descente des animaux vers l'horizon inférieur s'amorce irréversiblement. Cet accroissement numérique de l'horizon — 5 — 7,5 cm se traduit par un taux de fréquentation élevé et par une différence hautement significative entre les moyennes des deux parcelles : horizons — 5 — 7,5 cm, t = 4,427.

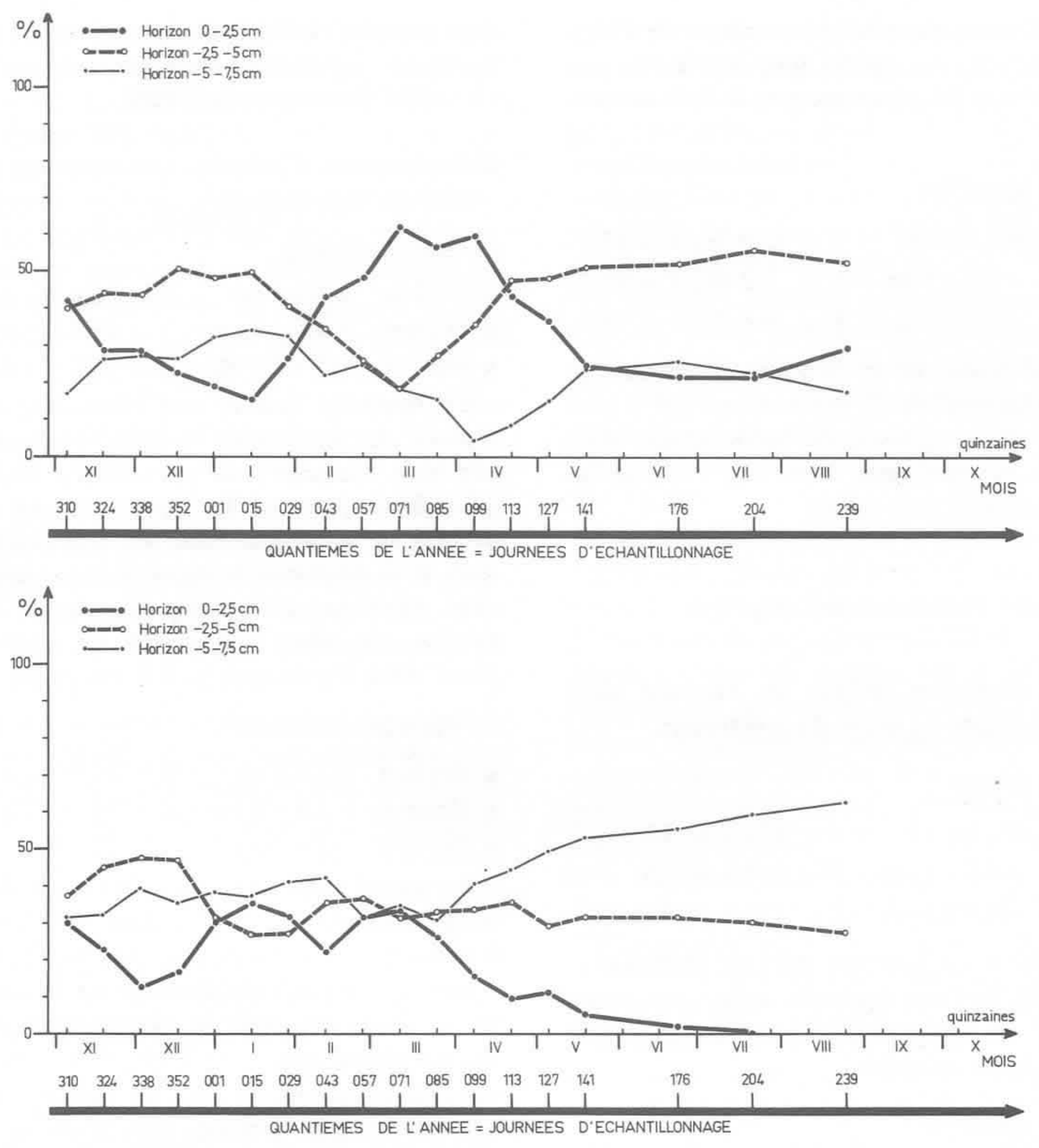


FIG. 21. — Evolution de la distribution verticale des Collemboles Poduromorphes du mois de novembre 1967 au mois d'août 1968.
En haut : dans la parcelle témoin. *En bas :* dans la parcelle desséchée.

f) *Collemboles Isotomides* (Fig. 22).

- Nombre d'individus récoltés en moyenne dans les trois horizons au cours du programme.

— *Parcelle témoin*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 39,2$; $s = 20,65$
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 12,5$; $s = 13,9$
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 6,3$; $s = 7,2$

Les Isotomides sont représentés par 3 espèces dominantes dont les exigences écologiques sont très proches. Leur petite taille et leur corps en forme de bâtonnet leur permettent de fréquenter les couches profondes du sol. Comme le justifient les moyennes

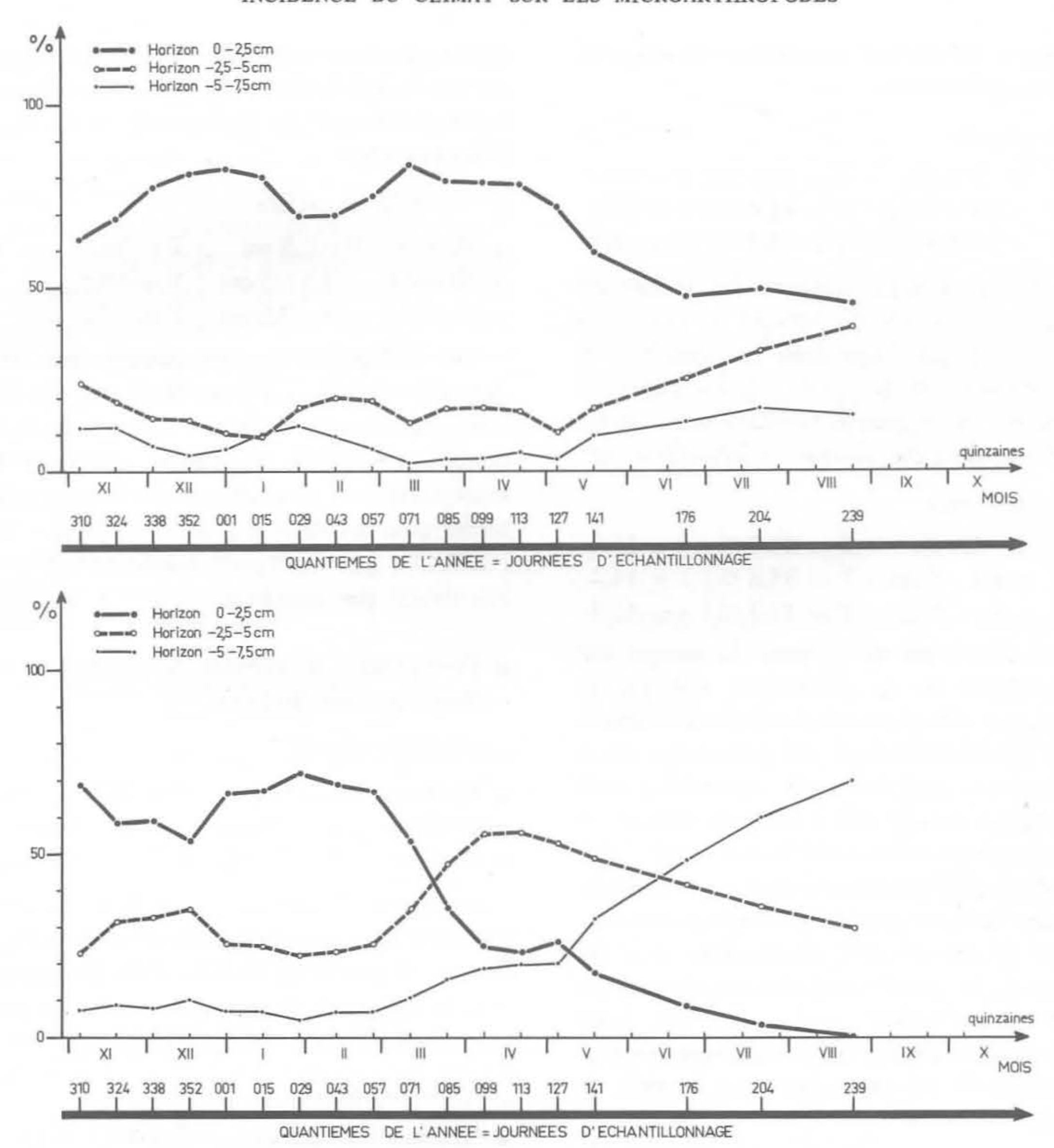


FIG. 22. — Evolution de la distribution verticale des Collemboles Isotomides du mois de novembre 1967 au mois d'août 1968.
En haut : dans la parcelle témoin. *En bas :* dans la parcelle desséchée.

de fréquences d'occurrence, ces Collemboles fréquentent préférentiellement l'horizon de surface dans les conditions naturelles.

— *Parcelle desséchée*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x} = 74{,}0$; $s = 46{,}4$
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x} = 50{,}8$; $s = 28{,}4$
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x} = 18{,}3$; $s = 11{,}1$

Les Isotomides sont numériquement plus importants dans la parcelle desséchée. La comparaison des moyennes par le test de Student confirme cette constatation pour les trois horizons édaphiques; horizons 0 — 2,5 cm, $t = 2{,}911$, très significatif; horizons — 2,5 — 5 cm, $t = 5{,}144$, hautement significatif; horizons — 5 — 7,5 cm, $t = 3{,}803$, hautement significatif.

- Pourcentages d'individus rencontrés en moyenne dans les trois horizons.

— *Parcelle témoin*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 72,9 %; s = 14,6
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 18,6 %; s = 10,1
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 8,5 %; s = 6,2

La distribution verticale moyenne des Isotomides indique que près des 3/4 de l'effectif se situe dans l'horizon 0 — 2,5 cm. Cependant, en consultant le premier diagramme de la figure 22, on s'aperçoit qu'une tentative de migration verticale est amorcée à partir de la treizième journée d'échantillonnage.

— *Parcelle desséchée*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 46,9 %; s = 25,9
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 35,8 %; s = 14,4
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 17,3 %; s = 17,3

Le second diagramme de la figure 22 montre une inversion complète de la distribution verticale en fin de programme. De la première journée à la septième journée d'échantillonnage, les Isotomides de la parcelle desséchée présentent une répartition dans les trois horizons comparable à celle du témoin. A partir de la huitième journée d'échantillonnage, l'horizon de surface perd progressivement ses Isotomides au profit de l'horizon profond; l'horizon intermédiaire jouant le rôle de zone de passage. A la fin de l'expérience, la grande majorité des Isotomides se trouvent dans l'horizon — 5 — 7,5 cm. Nous reviendrons plus en détails sur cet exemple en étudiant les points de rencontre des trois courbes de pourcentages.

g) *Collemboles Entomobryens* (Fig. 23).

- Nombre d'individus récoltés en moyenne dans les trois horizons au cours du programme.

— *Parcelle témoin*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 66,8; s = 25,2
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 9,9; s = 7,2
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 5,5; s = 6,0

Les représentants de ce groupe de Collemboles sont parfois de grande taille et se maintiennent de préférence à la surface ou dans les premiers centimètres du sol. Les moyennes des fréquences d'occurrence confirment la tendance à la vie épigée des Entomobryens.

— *Parcelle desséchée*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 90,7; s = 38,4
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 10,5; s = 5,4
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 7,2; s = 9,4

Les Entomobryens sont surtout plus nombreux dans l'horizon 0 — 2,5 cm de la parcelle desséchée comparativement au même horizon de la parcelle témoin, t = 2,203, significatif. Dans les horizons sous-jacents le peuplement est à peu près semblable pour les deux parcelles; horizons — 2,5 cm, t = 0,259, pas significatif; horizons — 5 — 7,5 cm, t = 0,672, pas significatif.

- Pourcentages d'individus rencontrés en moyenne dans les trois horizons.

— *Parcelle témoin*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 82,9 %; s = 9,8
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 11,2 %; s = 5,7
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 5,9 %; s = 6,0

La figure 23 montre que la majorité des Entomobryens se trouvent dans l'horizon de surface quelle que soit l'époque de l'année. Avec les Symphypléones, ce groupe de Collemboles montre les plus fortes dispositions à vivre dans l'horizon supérieur du sol.

— *Parcelle desséchée*

- Horizon 0 – 2,5 cm : $\bar{x}$ = 80,1 %; s = 16,0
- Horizon – 2,5 – 5 cm : $\bar{x}$ = 11,7 %; s = 8,3
- Horizon – 5 – 7,5 cm : $\bar{x}$ = 8,2 %; s = 10,0

Les moyennes des pourcentages de la parcelle desséchée indiquent une distribution verticale analogue à celle de la parcelle témoin; test de Student non significatif. Cependant, le second graphique de la figure 23 renseigne davantage sur l'évolution de répartition des Entomobryens au cours du cycle annuel; en effet on peut constater que les trois courbes de pourcentages convergent l'une vers l'autre, pour se rejoindre vers la dernière journée d'échantillonnage.

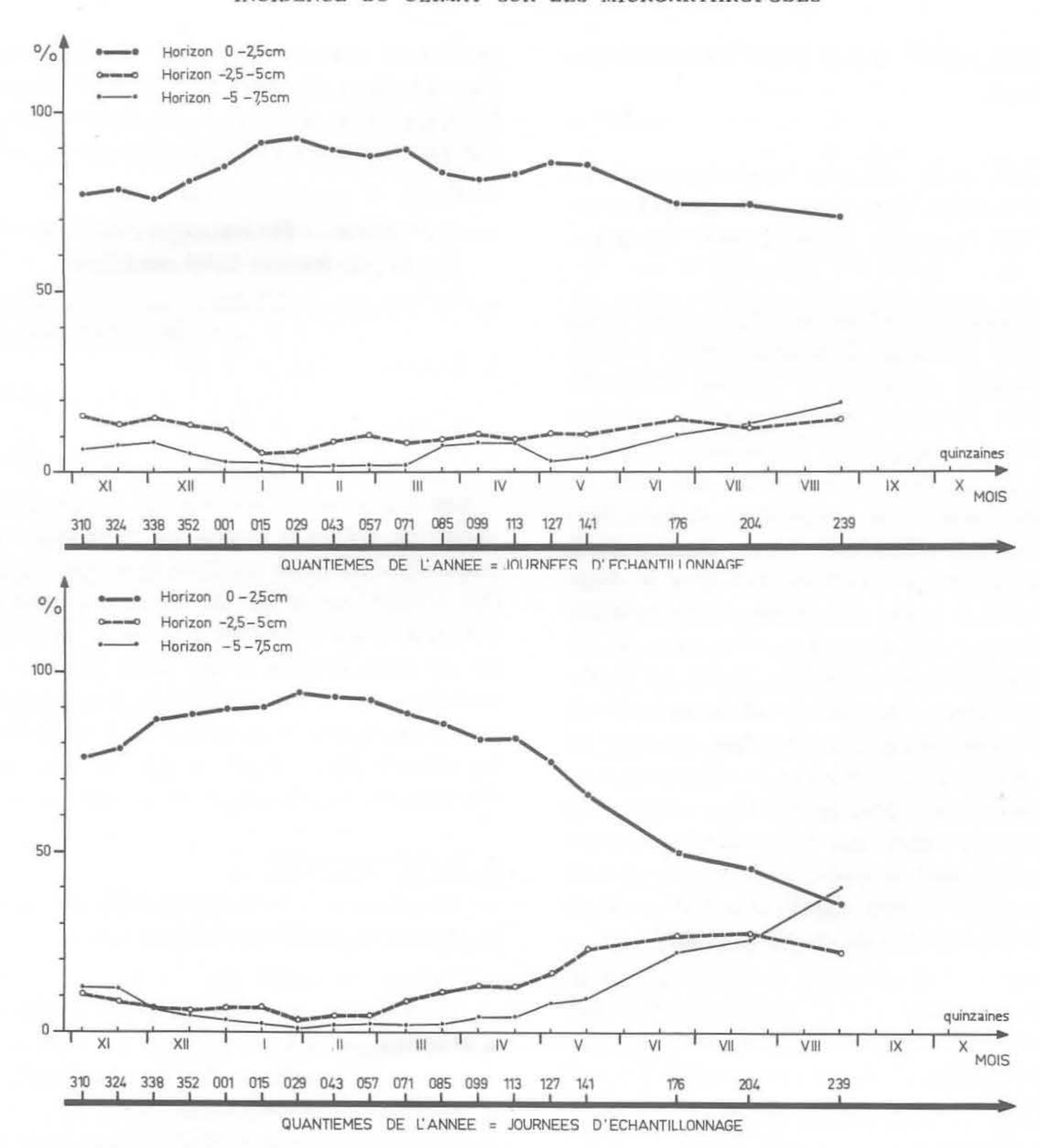


FIG. 23. — Evolution de la distribution verticale des Collemboles Entomobryens du mois de novembre 1967 au mois d'août 1968.
En haut : dans la parcelle témoin. *En bas :* dans la parcelle desséchée.

Considérations d'ensemble :

L'absence de variations saisonnières dans la distribution verticale des différents groupes de Microarthropodes est déjà révélatrice de l'indépendance des animaux vis-à-vis des facteurs du climat qui obéissent à un rythme saisonnier, à l'exception du régime aléatoire des pluies.

En revanche, dans la parcelle expérimentale le cycle annuel est contrarié par la soufflerie et la teneur en eau du sol décroît proportionnellement au temps. Il est donc vraisemblable que le facteur hydrique puisse être tenu comme principal responsable des modifications de distribution verticale, plus ou moins importantes selon les groupes. A cet égard, le groupe

des Isotomides semble être le plus directement concerné.

2 — Influence du facteur thermique sur la distribution verticale des Acariens et des Collemboles dans chaque parcelle.

Parmi les facteurs cycliques du climat, nous avons choisi de tester l'influence de la température : *moyenne hebdomadaire* précédant la journée d'échantillonnage, *écart thermique moyen entre les maxima et les minima hebdomadaires*. En utilisant le test de corrélation nous avons associé à chaque taux de présence des animaux la température relevée dans le même horizon édaphique. Nous avons calculé ensuite le coefficient de corrélation et testé le degré de signification à l'aide des tables de probabilités des valeurs de r par rapport à zéro avec $n — 2$ degrés de liberté (Fisher et Yates, 1970). Le coefficient de corrélation sera déclaré significatif, s'il est supérieur à celui donné par les tables au seuil de 5 % (P = 0,05); s'il est inférieur le résultat ne sera pas significatif et les variables associées seront dites indépendantes. Le coefficient de corrélation sera très significatif, si le seuil de signification est pris à 1 % (P = 0,01) et hautement significatif, si le seuil de signification est pris à à 0,1 % (P = 0,001).

a) *Acariens Oribates.*

• *Parcelle témoin*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
r = + 0,243, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
r = — 0,352, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
r = — 0,027, pas significatif

Les températures moyennes hebdomadaires ne semblent pas modifier la répartition verticale des Oribates. Le signe positif ou négatif des coefficients de corrélation indique dans quel sens pourrait éventuellement s'exercer l'influence de la température; dans l'horizon de surface le taux de présence des Oribates aurait tendance à augmenter avec la température; dans les horizons profonds ce serait l'inverse.

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
r = + 0,504, significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
r = — 0,685, très significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
r = — 0,060, pas significatif

Les écarts thermiques moyens hebdomadaires auraient une influence inverse sur la présence des Oribates dans les deux premiers horizons. Cette situation révélée par le test de corrélation tend à prouver qu'il existe un véritable transfert d'individus entre ces deux niveaux et qui serait gouverné par les variations des écarts thermiques; l'augmentation des écarts thermiques provoquerait une diminution dans les effectifs de l'horizon — 2,5 — 5 cm au profit des effectifs de l'horizon 0 — 2,5 cm.

• *Parcelle desséchée*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
r = — 0,262, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
r = + 0,557, significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
r = — 0,092, pas significatif

Les températures moyennes hebdomadaires semblent agir positivement sur les Oribates de l'horizon moyen; plus la température augmente, plus les animaux ont tendance à quitter les deux autres niveaux et se rassembler dans cet horizon de la parcelle desséchée (Fig. 17).

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
r = + 0,113, pas significatif

- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = — 0{,}088$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = — 0{,}194$, pas significatif

Bien que plus importants dans la parcelle desséchée que dans la parcelle témoin, principalement en ce qui concerne l'horizon 0 — 2,5 cm, les écarts thermiques moyens hebdomadaires n'affectent pas la distribution verticale des Oribates. Cependant le signe des coefficients de corrélation atteste d'une certaine similitude dans les réactions des animaux vis-à-vis des écarts thermiques.

b) *Autres Acariens ou Mésostigmates.*

- *Parcelle témoin*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures hebdomadaires.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = — 0{,}415$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = + 0{,}349$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = + 0{,}209$, pas significatif

Les températures moyennes hebdomadaires ne conditionnent pas la répartition verticale des animaux. En se référant aux signes des coefficients de corrélation, les Mésostigmates montrent une réaction inverse à celle des Oribates de la parcelle témoin.

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = + 0{,}084$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = — 0{,}264$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = + 0{,}299$, pas significatif

Les écarts thermiques moyens ne semblent pas influer sur la distribution verticale des Mésostigmates de la parcelle témoin.

- *Parcelle desséchée*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = — 0{,}765$, hautement significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = + 0{,}680$, très significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = + 0{,}269$, pas significatif

Dans l'horizon 0 — 2,5 cm, plus la température augmente, plus le nombre des Mésostigmates diminue au profit de l'horizon — 2,5 — 5 cm. Cet effet inverse de la température peut expliquer les transferts d'individus entre ces deux horizons, ainsi que l'ont montré les courbes de distribution verticale de la parcelle desséchée (Fig. 18, deuxième graphique). En revanche, les animaux de l'horizon profond demeurent insensibles aux variations de température, comme le montre d'ailleurs la troisième courbe de pourcentages sur le graphique de la parcelle desséchée (Fig. 18).

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = — 0{,}456$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = + 0{,}092$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = + 0{,}521$, significatif

Les Mésostigmates ont tendance à se rassembler dans l'horizon — 5 — 7,5 cm lorsque les écarts thermiques augmentent dans la parcelle desséchée. Les coefficients de corrélation semblent indiquer que l'enrichissement de l'horizon profond s'effectue aux dépens de l'horizon supérieur 0 — 2,5 cm.

c) *Collemboles Néélides.*

- *Parcelle témoin*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = -0{,}115$, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = -0{,}015$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +0{,}231$, pas significatif

Les Néélides se répartissent dans le sol indépendamment des variations saisonnières de la température.

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = +0{,}187$, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = -0{,}142$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = -0{,}129$, pas significatif

Les écarts thermiques moyens n'ont pas d'effet sur la distribution verticale des Néélides.

• *Parcelle desséchée*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = -0{,}806$, hautement significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = +0{,}237$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +0{,}164$, pas significatif

Lorsque la température s'élève l'horizon de surface s'appauvrit en Néélides. Le diagramme de distribution verticale de la parcelle desséchée (Fig. 19) montre qu'il n'existe pas d'échange entre l'horizon 0 — 2,5 cm et ceux qui lui font suite; l'action conjuguée de la sécheresse doit être invoquée dans la disparition brutale des Néélides.

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = -0{,}509$, significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = -0{,}058$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +0{,}462$, pas significatif

Ce sont encore les animaux de surface qui réagissent aux variations des écarts thermiques moyens. Comme précédemment, il est difficile d'accorder une trop grande confiance à ce résultat particulier, car il est à peu près certain que les autres facteurs cycliques du climat donneraient le même degré de signification à ce test statistique sans qu'il soit possible de discerner le plus influent.

d) *Collemboles Symphypléones; Sminthurides et Dicyrtomides.*

• *Parcelle témoin*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = -0{,}100$, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = -0{,}076$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +0{,}636$, très significatif

Les Symphypléones sont trop peu nombreux dans l'horizon profond pour que l'on puisse légitimer le dernier résultat de l'analyse statistique (Fig. 20).

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = +0{,}398$, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = -0{,}434$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +0{,}360$, pas significatif

Les écarts thermiques moyens n'agissent pas sur la distribution verticale des Symphypléones.

• *Parcelle desséchée*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = -0{,}513$, significatif

- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = + 0{,}390$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = + 0{,}308$, pas significatif

Les Symphypléones semblent fuir l'horizon de surface lorsque la température augmente. Ces animaux ne sont pas récupérés par les horizons profonds contrairement à ce qu'indiquent les courbes de pourcentages du second graphique de la figure 20. En effet, les Symphypléones quittent latéralement le tunnel de la soufflerie car ils n'ont aucune aptitude à migrer en profondeur.

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = — 0{,}212$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = + 0{,}270$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = — 0{,}012$, pas significatif

Les écarts thermiques moyens ne sont pas responsables des modifications de la répartition des Symphypléones de la parcelle desséchée.

e) *Collemboles Poduromorphes.*

- *Parcelle témoin*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = + 0{,}001$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = + 0{,}214$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = — 0{,}312$, pas significatif

Les variations de température ne semblent pas influencer la distribution verticale des Poduromorphes.

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = + 0{,}470$, significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = — 0{,}533$, significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = — 0{,}220$, pas significatif

En revanche, les écarts thermiques moyens semblent agir sur la distribution des Poduromorphes dans les deux premiers horizons; lorsque les écarts thermiques augmentent, les animaux ont tendance à se porter vers l'horizon de surface et à fuir l'horizon moyen — 2,5 — 5 cm; quand les écarts diminuent c'est l'inverse qui se produit. Cette permutation dans les effectifs est clairement soulignée sur le premier graphique de la figure 21.

- *Parcelle desséchée*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = — 0{,}516$, significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = + 0{,}190$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = + 0{,}502$, significatif

Les résultats diffèrent de ceux obtenus dans la parcelle témoin; ici l'accroissement des températures moyennes provoque une fuite des animaux de surface vers l'horizon profond — 5 — 7,5 cm; une diminution des températures a pour incidence un effet contraire; cet échange entre les niveaux édaphiques extrêmes est apparent sur le second graphique de la figure 21; le profil de la courbe de fréquentation de l'horizon moyen — 2,5 — 5 cm explique le résultat non significatif du test de corrélation.

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = — 0{,}227$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = + 0{,}129$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = — 0{,}051$, pas significatif

Contrairement aux résultats significatifs de la parcelle témoin, ceux de la parcelle desséchée semblent

indiquer que les écarts thermiques moyens n'ont pas d'influence sur la distribution verticale des Poduromorphes.

f) *Collemboles Isotomides.*

• *Parcelle témoin*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r =$ — 0,384, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = +$ 0,407, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +$ 0,255, pas significatif

La distribution verticale des Isotomides évolue indépendamment des moyennes thermiques hebdomadaires au cours du cycle annuel.

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = +$ 0,151, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = +$ 0,034, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r =$ — 0,247, pas significatif

Les écarts thermiques moyens ne semblent pas non plus modifier la distribution verticale des Isotomides. Les courbes de pourcentages portées sur le premier graphique de la figure 22 montrent en effet qu'aucun transfert d'individus ne s'est réalisé entre les trois niveaux édaphiques.

• *Parcelle desséchée*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r =$ — 0,796, hautement significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = +$ 0,429, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +$ 0,744, hautement significatif

Le second graphique de la figure 22 met en évidence de profondes perturbations dans la distribution verticale des Isotomides. A la fin du programme, on assiste à une inversion complète de la répartition spatiale des animaux : l'horizon — 5 — 7,5 cm étant le plus fréquenté, aux dépens de l'horizon 0 — 2,5 cm totalement dépeuplé. Les résultats des tests de corrélation indiquent de manière hautement significative que ce transfert d'individus se déroule sous l'effet des variations de températures; lorsque la température augmente dans les trois horizons, les animaux migrent en profondeur; l'horizon moyen est bien une zone de passage, ainsi que l'indique le résultat non significatif du test statistique. Il faut cependant noter que l'état hydrique du sol exerce conjointement une action déterminante sur le processus de migration des Isotomides.

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r =$ — 0,580, significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = +$ 0,411, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +$ 0,319, pas significatif

Les écarts thermiques moyens ont tendance à exercer les mêmes effets que la température moyenne hebdomadaire sur la répartition des Isotomides.

En regard des seuils de signification que nous avons imposés à nos tests statistiques, il s'avère que les écarts thermiques moyens sont uniquement responsables de la présence ou l'absence des Isotomides dans l'horizon 0 — 2,5 cm.

g) *Collemboles Entomobryens.*

• *Parcelle témoin*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r =$ — 0,525, significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = +$ 0,288, pas significatif

• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +\ 0{,}441$, pas significatif

Les températures moyennes ont une légère incidence sur les pourcentages d'individus de l'horizon 0 — 2,5 cm. Parmi tous les groupes de Microarthropodes testés, c'est le seul test significatif pour l'horizon de surface de la parcelle témoin.

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = +\ 0{,}026$, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = -\ 0{,}139$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +\ 0{,}218$, pas significatif

Les écarts thermiques moyens ne semblent pas avoir aucune influence sur la répartition des Entomobryens de la parcelle témoin.

• *Parcelle desséchée*

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Températures moyennes hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = -\ 0{,}740$, hautement significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = +\ 0{,}787$, hautement significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +\ 0{,}630$, très significatif

Le dépeuplement progressif de l'horizon de surface au profit des horizons profonds est gouverné par l'augmentation des températures moyennes enregistrées dans le sol. Le second graphique de la figure 23 met en évidence les mouvements des populations d'Entomobryens dans chaque horizon. Contrairement à ce qui se passe pour les Isotomides de la parcelle desséchée, il ne semble pas que les variations de l'état hydrique du sol interviennent dans les déplacements verticaux des Entomobryens.

— Corrélation — Pourcentages d'individus — Ecarts thermiques moyens hebdomadaires.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = -\ 0{,}188$, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = +\ 0{,}225$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = +\ 0{,}019$, pas significatif

Contrairement aux températures moyennes, les écarts thermiques moyens n'agissent pas sur la distribution verticale des Entomobryens de la parcelle desséchée; les faibles valeurs des coefficients de corrélation témoignent de l'indifférence des animaux vis-à-vis de ce facteur thermique.

Considérations d'ensemble.

Dans les conditions naturelles correspondant au climat de la région parisienne, deux tests de corrélation se sont révélés significatifs sur les vingt-et-un que nous avons effectués en confrontant les pourcentages d'animaux et les températures moyennes hebdomadaires : Symphypléones dans l'horizon — 5 — 7,5 cm et Entomobryens dans l'horizon 0 — 2,5 cm. Ces deux cas ne nous paraissent pas très probants en raison du mode de vie érigée de la plupart des espèces représentées dans ces deux groupes de Collemboles. L'ensemble de ces résultats corroborent les indications que nous possédons sur les réactions des animaux vis-à-vis de la température; à l'aide de modèles expérimentaux appropriés, nous avons pu montrer que la grande majorité des Microarthropodes du sol réagissent à la température en dehors de l'intervalle + 8 °C, + 30 °C; en deçà de cette plage thermique, les animaux ralentissent leurs activités et demeurent sur place, au-delà ils cherchent à gagner un refuge plus tempéré (VANNIER, 1970). D'autres expériences du laboratoire ont permis de montrer que l'agitation des animaux ne s'accroît pas linéairement avec l'augmentation de température; pour certaines espèces de Collemboles par exemple, il existe une limite supérieure (vers 35-36 °C) pour laquelle l'effet thermique joue le même rôle qu'un refroidissement, c'est-à-dire qu'il provoque un net ralentissement de l'activité ambulatoire des individus (VANNIER et THIBAUD, 1971). Dans le sol de la parcelle témoin, les températures enregistrées n'excèdent pas 20 °C, de sorte que les animaux ne peuvent en ressentir les effets; seule, l'am-

plitude annuelle des températures moyennes est importante puisqu'elle peut atteindre une quinzaine de degrés dans l'horizon supérieur; cependant ses effets sont pratiquement insignifiants sur la microfaune en raison du phénomène d'accoutumance.

Les écarts thermiques moyens hebdomadaires ont également peu d'influence sur les animaux de la parcelle témoin. Sur les vingt-et-un tests effectués, quatre seulement se sont avérés significatifs : Acariens Oribates dans les horizons 0 — 2,5 cm et — 2,5 — 5 cm; Collemboles Poduromorphes dans les horizons 0 — 2,5 cm et — 2,5 — 5 cm. Ces deux résultats sont certainement plus convaincants, car ils concernent deux groupes dont les représentants ont une existence plus spécifiquement édaphique.

Dans la parcelle desséchée, les températures moyennes hebdomadaires conditionnent davantage le développement des populations microarthropodiennes dans les trois horizons édaphiques. Sur vingt-et-un tests, douze se sont révélés significatifs. C'est principalement dans l'horizon de surface que les effets de la température ont été les plus ressentis par les animaux (à l'exception des Acariens Oribates); tous les coefficients de corrélation sont négatifs, c'est-à-dire que l'augmentation de la température provoque la fuite des animaux. Mais il est très difficile de disjoindre l'influence de l'humidité sur le comportement des animaux. En effet, comme nous le verrons dans le chapitre suivant, les coefficients de corrélation dans les tests concernant les rapports eaux-microarthropodes sont tous positifs, (sauf Acariens Oribates), montrant ainsi que l'abaissement de taux d'humidité du sol, synchrone de l'accroissement de température, entraîne également un appauvrissement de la faune. Nous sommes donc amenés à juger de la prépondérance de l'un ou de l'autre facteur selon le degré de signification des tests de corrélation. Le tri est facile à faire, car, seuls, les Isotomides offrent une réponse significative à la fois à l'élévation de température et au dessèchement de leur milieu; tous les autres groupes, à l'exception des Oribates, réagissent uniquement aux variations de la température dans la parcelle desséchée.

Les écarts thermiques, plus importants dans la parcelle desséchée, ne semblent pas agir sur la distribution verticale des principaux groupes d'animaux. Deux cas seulement se sont révélés significatifs : Néélides dans l'horizon 0 — 2,5 cm; Isotomides dans le même horizon. Pour ces deux groupes de Collemboles, les individus ont tendance à quitter l'horizon de surface lorsque les écarts thermiques moyens augmentent.

3 — Influence de l'humidité du sol sur la distribution verticale des Acariens et Collemboles dans chaque parcelle.

La teneur en eau du sol est le facteur climatique qui différencie le plus les deux parcelles. A l'aide du test de corrélation, nous avons recherché quelle était son influence sur la distribution verticale de chaque groupe systématique parmi les Acariens et les Collemboles.

a) *Acariens Oribates.*

- *Parcelle témoin :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = + 0{,}005$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = — 0{,}086$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = — 0{,}101$, pas significatif

Les résultats de l'analyse statistique montrent une très forte indépendance des Oribates vis-à-vis de la teneur en eau de chaque horizon.

- *Parcelle desséchée :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = — 0{,}158$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = — 0{,}044$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = + 0{,}329$, pas significatif

Les légères modifications de la distribution verticale des Oribates révélées par le second graphique de la figure 17, ne semblent pas être provoquées par l'assèchement progressif du sol, ni d'ailleurs par la température comme nous l'avons remarqué précédemment. Le signe des coefficients de corrélation indiquerait plutôt une tendance générale des individus à se tenir dans l'horizon profond lorsqu'un excès hydrique s'est installé dans le sol et, inversement dans l'horizon supérieur lorsque le dessèchement est amorcé. En réalité, nous savons par expérience personnelle qu'il faut atteindre des seuils de siccité plus prononcée (au-delà de pF 5) pour enregistrer un début de fuite significative de la part des Oribates; dans notre programme, le déficit hydrique de l'horizon 0 — 2,5 cm n'est pas suffisant pour provoquer la migration en profondeur des animaux (cf. Fig. 9).

b) *Autres Acariens ou Mésostigmates.*

- *Parcelle témoin :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = +\ 0{,}693$, très significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = —\ 0{,}426$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = —\ 0{,}510$, significatif

Les Mésostigmates ne sont pas indifférents aux variations de l'état hydrique du sol. Plus le sol est humide, plus les animaux se cantonnent dans l'horizon de surface en remontant des horizons profonds; en revanche lorsque le sol se dessèche superficiellement, les Mésostigmates pénètrent plus profondément dans le sol. Rappelons que la température ne semble pas jouer un rôle dans ces déplacements verticaux.

- *Parcelle desséchée :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = +\ 0{,}276$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = —\ 0{,}303$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = —\ 0{,}332$, pas significatif

Il est surprenant de constater que les Mésostigmates ne sont pas sensibilisés par les importantes pertes hydriques du sol de la parcelle desséchée. Néanmoins le signe des coefficients de corrélation indiquent des tendances comparables à celles de la parcelle témoin. Dans l'étude du facteur thermique, nous avons remarqué que la température joue en fait le premier rôle dans les changements de position des Mésostigmates.

c) *Collemboles Neélides.*

- *Parcelle témoin :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = —\ 0{,}027$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = +\ 0{,}249$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = +\ 0{,}21$, pas significatif

Les conditions hydriques de la parcelle témoin paraissent satisfaire les besoins des Neélides tout au long du cycle annuel.

- *Parcelle desséchée :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = +\ 0{,}437$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = —\ 0{,}076$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = —\ 0{,}307$, pas significatif

La disparition totale des Neélides de l'horizon supérieur vers le mois d'avril (cf. deuxième graphique de la figure 19) est davantage provoquée par l'élévation de température que par le desséchement du milieu. Cependant la valeur relativement élevée du coefficient de corrélation ($r = +\ 0{,}437$) semble indi-

quer le rôle de second plan du facteur hydrique dans le comportement des Néélides.

d) *Collemboles Symphypléones; Sminthurides et Dicyrtomides.*

• *Parcelle témoin :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = + 0{,}242$, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = + 0{,}009$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = - 0{,}639$, très significatif

Les faibles taux de fréquentation relevés dans l'horizon — 5 — 7,5 cm ne nous permettent pas d'accorder une valeur très probante à la signification du test de corrélation. Les Symphypléones vivent principalement à la surface ou dans les premiers centimètres du sol; ils semblent cependant affectionner les endroits plus humides, si nous nous en tenons au signe des coefficients de corrélation.

• *Parcelle desséchée :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = + 0{,}373$, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = - 0{,}251$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = - 0{,}010$, pas significatif

Les arguments avancés à propos des Néélides de la parcelle desséchée peuvent être rapportés pour le cas des Symphypléones. Sur l'ensemble du programme, il semble que la température prenne le pas sur la situation hydrique du sol pour éliminer les Symphypléones de l'horizon supérieur. En examinant à nouveau le second graphique de la figure 20, il semblerait logique de distinguer deux périodes dans l'évolution de la distribution verticale des animaux : du mois de novembre au début du mois d'avril les Symphypléones ne modifient pas leur position dans les trois horizons; de la mi-avril à la fin du programme ils quittent la parcelle déssechée sous l'action conjointe de l'élévation de température et du dessèchement.

e) *Collemboles Poduromorphes.*

• *Parcelle témoin :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = + 0{,}336$, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = - 0{,}438$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = + 0{,}034$, pas significatif

Le premier graphique de la figure 21 montre d'importants changements dans la distribution verticale des Poduromorphes, mais les résultats de l'analyse de corrélation ne permettent pas de les attribuer aux variations de l'état hydrique du sol. Tout au plus peut-on dire que les animaux abondent dans l'horizon de surface lorsque l'humidité du sol augmente. Les résultats précédents relatifs à l'incidence du facteur thermique ont montré que ce sont les écarts de température qui régissent les déplacements verticaux des Poduromorphes.

• *Parcelle desséchée :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = + 0{,}395$, pas significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = - 0{,}121$, pas significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = - 0{,}440$, pas significatif

Les profondes perturbations dans la distribution verticale des Poduromorphes (cf. deuxième graphique de la figure 21) ne peuvent trouver une explication dans les changements de l'état hydrique du sol de la parcelle desséchée. En se reportant à l'analyse thermique, on constate que les températures moyennes hebdomadaires conditionnent les déplacements en profondeur des Poduromorphes.

f) *Collemboles Isotomides; cas particulier.*

• *Parcelle témoin :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = + 0{,}509$, significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = - 0{,}564$, significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = - 0{,}281$, pas significatif

Le premier graphique de la figure 22 indique que les courbes de pourcentages appartenant aux deux premiers horizons ont tendance à se rejoindre en fin de programme. Ce rapprochement signifie que l'horizon supérieur cède une partie de ses Isotomides à l'horizon moyen; ainsi que le montrent les résultats de l'analyse statistique, cet échange d'animaux s'effectuerait sous l'action du léger dessèchement qui se produit dans la parcelle témoin au cours de la période estivale (cf. Fig. 8). L'horizon inférieur ne participe en rien à ces mouvements de population, le profil de sa courbe de pourcentages confirme le résultat non significatif du test de corrélation ($r = - 0{,}281$).

Les Isotomides sont sans doute parmi les Microarthropodes ceux qui offrent la plus grande sensibilité aux variations de l'état hydrique du sol et, à titre de curiosité, nous allons utiliser la méthode de régression linéaire pour connaître à partir de quel moment devrait s'effectuer la jonction entre les courbes de pourcentages concernant les horizons 0 — 2,5 cm et — 2,5 — 5 cm de la parcelle témoin. Auparavant, il est nécessaire de rappeler qu'il n'est pas possible de porter sur le même graphique les droites de régression qui lient les pourcentages d'animaux aux teneurs en eau du sol et calculer les coordonnées du point de rencontre des deux droites. En effet nous avons déjà remarqué que les humidités actuelles n'avaient pas la même valeur d'un horizon à l'autre (cf. Tableau I), rendant incorrecte la résolution du problème posé. En revanche, en étudiant la régression des pourcentages d'individus dans chaque horizon par rapport au temps, il est possible de porter les droites de régression linéaire sur un même système d'axes et connaître ensuite l'instant précis à partir duquel les Isotomides deviennent plus abondants dans l'horizon sous-jacent.

Nous avons calculé les droites de régression pour les couples de variables suivants : Y (pourcentages d'Isotomides) — X (temps en quinzaine de jours)
• Horizon 0 — 2,5 cm :
$$Y = - 1{,}06\,X + 79{,}69$$
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$$Y = + 0{,}44\,X + 15{,}07$$

Les solutions communes qui satisfont les deux équations de régression linéaire vont nous permettre de connaître le numéro d'ordre de la quinzaine à partir de laquelle un véritable transfert d'individus s'est instauré entre les deux horizons; $X = 43{,}0$ (quinzaines) et $Y = 34{,}0$ (pourcentages d'Isotomides) vérifiant les deux équations et déterminant les coordonnées du point de rencontre des deux droites. En clair, ces résultats signifient que la migration en profondeur devient irréversible à partir de la 43e quinzaine alors que 34 % des individus se trouvent encore dans l'horizon de surface; ce pourcentage est pour la première fois atteint dans l'horizon moyen de la parcelle témoin. Rappelons qu'en moyenne il y a 72,9 % d'Isotomides dans l'horizon 0 — 2,5 cm et 18,6 % dans l'horizon — 2,5 — 5 cm.

En réalité, ce résultat est une extrapolation fictive car la 43e quinzaine tombe dans un nouveau cycle annuel de l'eau tellurique; dès le mois de novembre suivant les réserves hydriques du sol sont à nouveau reconstituées et la migration verticale des Isotomides sous l'effet du dessèchement est aussitôt interrompue.

• *Parcelle desséchée :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

• Horizon 0 — 2,5 cm :
$r = + 0{,}538$, significatif
• Horizon — 2,5 — 5 cm :
$r = - 0{,}537$, significatif
• Horizon — 5 — 7,5 cm :
$r = - 0{,}675$, très significatif

Parmi tous les Microarthropodes testés dans la parcelle desséchée, les Isotomides sont les seuls à

réagir significativement au déficit hydrique qui règne dans le sol. Les résultats de l'analyse statistique démontrent que les animaux fuient en profondeur au fur et à mesure qu'un déficit hydrique s'installe dans l'horizon supérieur 0 — 2,5 cm. A la différence du cas précédent dans la parcelle témoin, l'horizon inférieur est ici concerné par cette migration verticale; les courbes de pourcentages d'Isotomides représentées sur le second graphique de la figure 22 s'entrecoupent en plusieurs points et à la fin du programme il existe une inversion complète des taux de fréquentation; l'horizon inférieur — 5 — 7,5 cm accueillant la grande majorité des individus alors que l'horizon supérieur 0 — 2,5 cm est totalement dépeuplé.

Par la méthode du test de régression linéaire que nous avons utilisé précédemment il est possible de connaître le moment précis à partir duquel le pourcentage d'Isotomides devient prépondérant dans l'horizon inférieur — 5 — 7,5 cm au dépens de l'horizon de surface 0 — 2,5 cm.

Cet instant critique du phénomène de migration verticale correspond au point d'intersection des deux droites représentant l'évolution du taux de fréquentation dans chaque horizon édaphique. Nous avons recherché l'équation de ces deux droites à l'aide de couples de variables suivants : Y (pourcentages d'Isotomides) — X (temps en quinzaines de jours)

- Horizon 0 — 2,5 cm :
$$Y = -3,83\,X + 83,26$$
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
$$Y = +2,33\,X - 4,89$$

Les coordonnées du point de rencontre de ces deux droites sont respectivement : X = 14,3 (soit la quatorzième quinzaine) et Y = 28,46 (soit le pourcentage d'Isotomides présents dans les deux horizons extrêmes). Ce point n'est pas très éloigné de l'intersection des deux courbes de pourcentages tracées sur le second graphique de la figure 22, en effet on peut lire que la quatorzième quinzaine correspond à la quatorzième journée d'échantillonnage qui coïncide avec la 127e journée de l'année 1968. En se reportant aux courbes de teneur en eau du sol dans la parcelle desséchée (Fig. 9), on se rend immédiatement compte qu'à la quatorzième journée d'échantillonnage coïncide une humidité de 23,1 % dans l'horizon 0 — 2,5 cm; cette situation hydrique correspond à 4,35 unités pF, soit aussi à une énergie de liaison entre l'eau et les particules du sol de 22,38 kg/cm^2; en revanche, dans l'horizon inférieur — 5 — 7,5 cm les conditions hydriques sont plus favorables puisque la teneur en eau est de 24,1 %, soit un pF de 4,10, c'est-à-dire une force de rétention hydrique de 12,58 kg/cm^2. Ces premiers résultats concordent avec ceux de notre travail sur les réactions des Microarthropodes vis-à-vis de l'état hydrique du sol (Vannier, 1970); nous avions effectivement démontré que les Isotomides offrent une réponse de fuite après le point de flétrissement permanent (pF 4,2) soit atteint dans leur biotope.

Une analyse plus fine du profil des courbes de pourcentages portées sur le second graphique de la figure 22 conduit à distinguer plusieurs phases dans le processus de migration verticale. En effet, de la première (310) à la septième (029) séance d'échantillonnage (1), les taux de fréquentation dans chaque horizon apparaissent à peu près constants malgré le dessèchement de plus en plus prononcé dans la parcelle desséchée. A partir de la huitième séance (043), le pourcentage d'Isotomides dans l'horizon 0 — 2,5 cm décroit régulièrement pour atteindre une valeur nulle à la dernière journée d'échantillonnage (239); au contraire, dans l'horizon profond — 5 — 7,5 cm le pourcentage d'individus augmente proportionnellement au temps et atteint une valeur maximale en fin de programme. L'horizon — 2,5 — 5 cm représente une zone de transit entre les deux horizons extrêmes, le taux de fréquentation passe par un maximum vers la treizième journée d'échantillonnage (113), puis décroît sensiblement au fur et à mesure que l'horizon profond s'enrichit à son tour.

Cette analyse séquentielle peut se concrétiser en une suite de segments de droite représentative de l'évolution des pourcentages d'Isotomides et dont nous pouvons calculer les équations par la méthode du test de régression linéaire où Y représente les

(1) 310 représente le quantième journalier de l'année 1967, 029 celui de l'année 1968 etc.

taux de fréquentation et X le temps en quinzaine de jours :

- Horizon 0, — 2,5cm :
  — de la première (310) à la septième journée d'échantillonnage (029)
  $$Y = -0{,}14\,X + 63{,}78$$
  — de la huitième (043) à la dix-huitième journée d'échantillonnage (239)
  $$Y = -5{,}89\,X + 115{,}54$$
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  — de la première (310) à la septième journée d'échantillonnage (029)
  $$Y = +0{,}28\,X + 27{,}26$$
  — de la huitième (043) à la treizième journée d'échantillonnage (113)
  $$Y = +8{,}27\,X - 51{,}16$$
  — de la quatorzième (127) à la dix-huitième journée d'échantillonnage (239)
  $$Y = -3{,}32\,X + 101{,}81$$
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  — de la première (310) à la septième journée d'échantillonnage (029)
  $$Y = -0{,}13\,X + 8{,}95$$
  — de la huitième (043) à la dix-huitième journée d'échantillonnage (239)
  $$Y = +4{,}88\,X - 41{,}72$$

L'ensemble de ces droites de régression nous ont permis de reconstituer le processus de migration des Isotomides dans la parcelle desséchée (Fig. 24). Ce nouveau diagramme présente un certain nombre de points remarquables qui ont été numérotés de I à XIII et dont nous étudierons les coordonnées particulières.

Auparavant, il est nécessaire de savoir si le modèle statistique proposé est peu différent du schéma oriignal représenté par le second graphique de la figure 22.

Pour vérifier cette proposition nous avons comparé les pourcentages d'Isotomides tirés de l'expérience à ceux calculés à partir du modèle statistique en utilisant le critère de Pearson. Les pourcentages d'animaux correspondant aux différents points critiques du processus de migration sont consignés dans le tableau VI, et le résultat du test de comparaison montre que les deux séries de valeurs ne sont pas significativement différentes : $\chi^2 = 12{,}596$ et pour 13 degrés de liberté χ^2 *0,05* = 22,362.

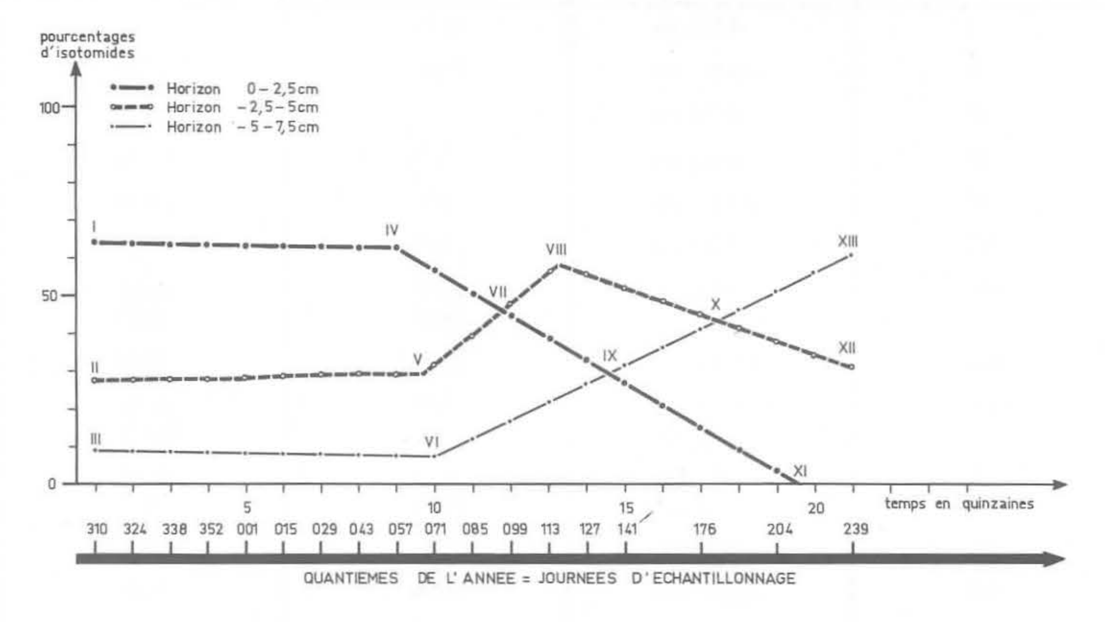


FIG. 24. — Représentation du modèle statistique permettant d'étudier le processus de migration verticale des Collemboles Isotomides dans la parcelle desséchée.
Comparer avec le deuxième graphique de la figure 22. Explication dans le texte.

La validité du modèle statistique étant reconnue, il est maintenant possible d'analyser en détails les déplacements verticaux des Isotomides. En se reportant aux figures 9 et 24, nous pouvons étudier les rapports entre les principales phases de la distribution verticale des animaux et les variations de l'état hydrique du sol dans chaque horizon :

- Horizon 0 — 2,5 cm : Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.
  de I à IV : $r = + 0{,}006$, pas significatif
  de IV à XI : $r = + 0{,}629$, significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm : Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.
  de II à V : $r = — 0{,}235$, pas significatif
  de V à VIII : $r = — 0{,}827$, significatif
  de VIII à XII : $r = + 0{,}807$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm : Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.
  de III à VI : $r = — 0{,}371$, pas significatif
  de VI à XIII : $r = — 0{,}754$, très significatif

L'analyse de corrélation confirme la dépendance des Isotomides vis-à-vis de l'état hydrique du sol à partir seulement de la seconde moitié du programme expérimental. Les renseignements rassemblés sur le tableau VII vont nous permettre d'analyser la situation hydrique du sol aux différents points critiques de la migration verticale des Isotomides.

Dans l'horizon supérieur 0 — 2,5 cm, le taux d'individus se maintient constant jusqu'à la neuvième séance d'échantillonnage (points I à IV sur la figure 24) alors que l'humidité du sol est passée de 82,4 à 31,4 %, soit une augmentation de pF 0,9 à pF 4,15,

TABLEAU VI

Parcelle desséchée : comparaison entre les pourcentages d'Isotomides tirés de l'expérience et ceux calculés à partir du modèle statistique; se reporter aux figures 22 et 24.

Points critiques de la migration	Horizons concernés	Pourcentages expérimentaux	Pourcentages calculés
I	0-2,5 cm	65,41	63,78
II	-2,5-5 cm	27,07	27,26
III	-5-7,5 cm	7,52	8,95
IV	0-2,5 cm	73,01	62,52
V	-2,5-5 cm	26,55	30,00
VI	-5-7,5 cm	9,73	7,64
VII	0-2,5 cm -2,5-5 cm	32,37 49,64	46,63 46,63
VIII	-2,5-5 cm	63,39	57,90
IX	0-2,5 cm -5-7,5 cm	27,52 22,02	29,52 29,52
X	-2,5-5 cm -5-7,5 cm	42,65 50,00	43,68 43,68
XI	0-2,5 cm	0	0
XII	-2,5-5 cm	30,00	32,09
XIII	-5-7,5 cm	70,00	60,76
Critère de Pearson (χ^2)		12,596 (pas significatif)	

TABLEAU VII

Parcelle desséchée : situation hydrique aux différents points critiques de la migration verticale des Isotomides. Se reporter aux figures 9, 22 et 24.

Points critiques (Fig. 24)	Horizon 0-2,5 cm			Horizon -2,5-5 cm			Horizon -5-7,5 cm		
	eau %	pF	rétention kg/cm²	eau %	pF	rétention kg/cm²	eau %	pF	rétention kg/cm²
I	82,4	0,90	0,007						
II				53,3	2,00	0,100			
III							44,2	2,60	0,398
IV	31,4	4,15	14,12						
V				29,2	4,00	10,00			
VI							31,5	3,80	6,30
VII	25,4	4,30	19,95	27,5	4,05	11,22			
VIII				25,2	4,15	14,12			
IX	19,9	4,40	25,11				22,2	4,12	13,22
X				21,9	4,20	15,84	21,1	4,15	14,12
XI	16,3	4,55	35,48						
XII				18,9	4,35	22,38			
XIII							19,2	4,25	17,78

c'est-à-dire un accroissement exponentiel de l'énergie de liaison eau-sol de 7 g/cm² à 14,12 kg/cm².

Dans l'horizon moyen — 2,5 — 5 cm, les Isotomides y demeurent en proportion constante jusqu'à la dixième séance d'échantillonnage (points II à V) et l'humidité du sol a baissé de 53,3 à 29,2 %, soit une augmentation de pF 2 à pF 4, ou un accroissement des forces de liaison eau-sol de 100 g/cm² à 10 kg/cm².

Dans l'horizon inférieur, le taux d'Isotomides ne varie pas non plus jusqu'à la dixième séance d'échantillonnage (points III à VI) et l'humidité du sol y subit les plus faibles variations : 44,2 à 31,5 %; pF 2,60 à pF 3,80, soit un accroissement des forces de rétention eau-sol de 398 g/cm² à 6,30 kg/cm².

C'est à la douzième séance d'échantillonnage (point VII) que l'horizon moyen possède pour la première fois le même pourcentage d'Isotomides que l'horizon supérieur; ce gain d'individus s'explique par des différences de déficit hydrique dans ces deux horizons. Le tableau VII montre en effet que l'horizon 0 — 2,5 cm possède une humidité inférieure à celle correspondant au point de flétrissement permanent, soit de 25,4 % équivalente à pF 4,3 ou à une force de liaison eau-sol très élevée de 19,95 kg/cm², alors que l'horizon moyen dispose encore de réserves hydriques suffisantes 27,5 % d'eau, soit pF 4,05 ou une force de liaison eau-sol de 11,22 kg/cm².

Vers la quinzième séance d'échantillonnage (point IX), l'horizon inférieur possède le même taux d'individus que l'horizon supérieur; à ce moment précis, la migration verticale des Isotomides est devenue irréversible, il règne un déficit hydrique important dans l'horizon 0 — 2,5 cm, avec une teneur en

eau de 19,9 %, correspondant à un pF élevé de 4,40 et à une force de rétention eau-sol de 25,11 kg/cm². En revanche, les conditions hydriques sont plus favorables dans l'horizon — 5 — 7,5 cm, avec un taux d'humidité de 22,2 %, soit un pF de 4,12 ou encore une énergie de liaison eau-sol de 13,22 kg/cm².

A la dix-septième journée d'échantillonnage (point X), le taux d'Isotomides dans l'horizon — 5 — 7,5 cm a rejoint celui de l'horizon — 2,5 — 5 cm dans lequel le point de flétrissement permanent est atteint avec une humidité de 21,9 %, soit une énergie de liaison eau-sol de 15,84 kg/cm², tandis que l'horizon profond possède encore une humidité de 21,1 %, soit un pF de 4,15 ou encore une force de rétention de 14,12 kg/cm².

A la fin du programme, les Isotomides ont totalement disparu de l'horizon 0 — 2,5 cm (point XI); le déficit hydrique est alors très important, puisque l'humidité du sol est de 16,3 %, équivalente à pF 4,55, soit une force de liaison eau-sol de 35,48 kg/cm². Dans l'horizon — 2,5 — 5 cm (point XII), le déficit hydrique a largement dépassé le point de flétrissement permanent avec une humidité de 18,9 %, soit pF 4,35 ou une force de liaison eau-sol de 22,38 kg/cm². L'horizon — 5 — 7,5 cm qui accueille la majorité des Isotomides encore présents dans la parcelle desséchée, accuse un déficit hydrique proche du point de flétrissement permanent, car sa teneur en eau de 19,2 % correspond à pF 4,25, soit une énergie de liaison eau-sol de 17,78 kg/cm². Si l'expérience de dessèchement avait été poussée plus loin il est vraisemblable que les conditions hydriques du sol seraient devenues totalement hostiles aux Isotomides de la parcelle desséchée.

L'étude détaillée des principales phases de la migration verticale des Isotomides souligne l'importance écologique de la notion du pF. En effet on remarque que les échanges d'horizon à horizon (intersections des segments de droite de la figure 24, points VII, IX et X) deviennent irréversibles lorsque le point de flétrissement permanent est dépassé dans l'horizon qui cède ses animaux, alors qu'il n'est pas encore atteint dans celui qui les reçoit (tableau VII).

g) *Collemboles Entomobryens.*

- *Parcelle témoin :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = + 0,481$, significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = — 0,266$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = — 0,502$, significatif

Les Entomobryens se rencontrent en plus grand nombre dans l'horizon de surface lorsque l'humidité du sol augmente; dans les autres horizons, c'est l'inverse qui se produit, mais on ne peut accorder une trop grande signification à ce résultat statistique puisque ces Collemboles ne se trouvent qu'occasionnellement dans les couches profondes du sol. Sur le premier graphique de la figure 23, on peu noter que la courbe des pourcentages de l'horizon 0 — 2,5 cm passe par un maximum en hiver, ce qui justifierait le résultat positif du test de corrélation. Cependant, l'analyse thermique avait déjà montré que les Entomobryens de l'horizon supérieur sont en surnombre lorsque la température moyenne du sol décroît, c'est-à-dire également en période hivernale; le coefficient de corrélation ($r = — 0,525$) étant même supérieur à celui qui concerne l'humidité du sol ($r = + 0,481$).

- *Parcelle desséchée :* Corrélation — Pourcentages d'individus — Humidité du sol.

- Horizon 0 — 2,5 cm :
  $r = + 0,261$, pas significatif
- Horizon — 2,5 — 5 cm :
  $r = — 0,446$, pas significatif
- Horizon — 5 — 7,5 cm :
  $r = — 0,235$, pas significatif

Les changements profonds constatés dans la distribution verticale des Entomobryens (deuxième graphique de la figure 23) ne sont pas provoqués par les variations de la teneur en eau du sol. D'après les résultats de l'analyse thermique, nous pouvons les attribuer à l'évolution de la température moyenne du

sol; un accroissement de celle-ci entrainant une migration en profondeur des Entomobryens.

Considérations d'ensemble :

C'est en fin de programme que la différence d'humidité entre les deux parcelles est la plus marquée; horizon 0 — 2,5 cm : 43,4 % dans la parcelle témoin contre 16,3 % dans la parcelle desséchée; horizon — 2,5 — 5 cm : 34,2 % contre 18,9 %; horizon — 5 — 7,5 cm : 34,8 % contre 19,2 %. Cette différence est encore plus accentuée si on s'en réfère aux forces de rétention qui lient l'eau aux particules du sol; horizon 0 — 2,5 cm : 2,51 kg/cm² dans la parcelle témoin contre 35,48 kg/cm² dans la parcelle desséchée; horizon — 2,5 — 5 cm : 5,62 kg/cm² contre 17,78 kg/cm². A chacune de ces forces de liaison, les animaux doivent opposer une force de succion supérieure pour soustraire de l'eau au milieu édaphique.

La plupart des Microarthropodes ne semblent pas être affectés par de telles contraintes, à l'exception toutefois des Collemboles Isotomides qui dans leur grande majorité ne peuvent vaincre des forces de rétention excédant 20 kg/cm² et vont rechercher en profondeur un endroit où l'eau est encore accessible.

Pour les autres groupes de Microarthropodes, les limites de disponibilité en eau n'ont pas été atteintes dans le sol de la parcelle desséchée. L'indifférence des Acariens Oribates, par exemple, ne constitue pas un fait surprenant à nos yeux car, à l'occasion de travaux antérieurs, nous avions situé leur limite aux environs de pF 5, c'est-à-dire lorsque l'eau est retenue par le sol avec une force de 100 kg/cm² (VANNIER, 1970).

Pour la plupart des Arthropodes, la véritable sécheresse s'installe dans le sol quand le déficit hydrique franchit la limite du point d'hygroscopie maximale au-delà de laquelle il n'existe plus d'eau liquide et un déficit de saturation commence à gagner l'air qui occupe les interstices. Les animaux vivant dans le sol doivent alors faire face au nouveau problème de la perte d'eau corporelle par évaporation et aux difficultés grandissantes de reconstituer leurs propres réserves hydriques. Cette limite critique correspond à pF 4,7, c'est-à-dire à une force de liaison eau-sol de 50 kg/cm², soit pour le sol de notre station à une humidité de 11,3 % dans l'horizon 0 — 2,5 cm, de 10,2 % dans l'horizon — 2,5 — 5 cm et de 9,8 % dans l'horizon — 5 — 7,5 cm. Ce sont généralement les espèces les mieux adaptées qui survivent à ces conditions écologiques comparables à celles du milieu aérien; on y rencontre des formes à revêtements tégumentaires spécialisés (poils, écailles, couche protectrice de cire, etc...) et à systèmes respiratoires trachéens.

CONCLUSION

Les variations du climat ne sont pas déterminantes dans la distribution verticale des principaux groupes de Microarthropodes du sol. Les amplitudes saisonnières de chaque facteur climatique sont importantes en région tempérée et sous couvert forestier, mais n'atteignent pas les seuils critiques susceptibles de modifier profondément la position des animaux dans les différentes couches du sol. Les quelques résultats significatifs obtenus sur les rapports faune-climat ont plutôt indiqué dans quel sens peuvent s'exercer les influences climatiques. Il est surprenant de constater que les écarts entre les distributions verticales dans chaque parcelle ne sont pas dûs au facteur distinguant fortement les deux biotopes, mais sont le plus souvent imputables à l'évolution du facteur thermique; une exception toutefois avec les Collemboles Isotomides pour lesquels on a pu atteindre la limite de disponibilité en eau et qui ont été contraints de chercher refuge dans les horizons plus humides.

La présence en plus grand nombre d'animaux dans la parcelle desséchée par rapport à la parcelle témoin constitue à nos yeux le fait le plus saillant de cette étude écologique. Ce résultat n'est pas dû au choix d'un emplacement plus riche en faune au début de l'expérience, mais signifie bien que les Microarthropodes sont attirés par les biotopes où sévit un déficit hydrique supérieur au point de flétrissement permanent. Cette affluence n'est pas une conséquence di-

recte de l'assèchement du sol sous le tunnel; elle peut alors se justifier, à notre avis, par des raisons d'ordre trophique. On sait en effet que la grande majorité des Microarthropodes se nourrissent essentiellement de voiles bactériens, d'hyphes et de spores de champignons microscopiques, or le point de flétrissement permanent (pF 4,2) ne constitue pas un seuil marquant l'arrêt de l'activité microbiologique, bien au contraire. Comme l'a remarqué DOMMERGUES en 1962. « En effet, si au-delà de ce pF, certains groupements de microorganismes cessent de participer aux processus évolutifs de la matière organique du sol, d'autres continuent à intervenir, parfois même avec un dynamisme accru, notamment aux environs de pF 5,0, la limite extrême de toute activité biologique correspondant au pF 5,5 ou même 5,6 ». Cet auteur a pu différencier des groupements écologiques parmi les microorganismes telluriques selon leurs exigences vis-à-vis du facteur eau depuis des valeurs inférieures à pF 3,6 jusqu'à 5,5 et même 5,6. Le facteur hydrique opère une véritable sélection sur les germes responsables de la cellulolyse, de l'amylolyse, de la glucolyse etc..., et il est vraisemblable que l'élimination successive des souches microbiennes spécialisées peut exercer à son tour une sélection parmi les Microarthropodes bactériophages. Au-dessus de pF 4,9, la microflore bactérienne est relayée par la microflore fongique, beaucoup moins exigeante en eau et qui exerce une action prépondérante dans l'intervalle pF 4,9 - 5,6; à ce stade du desséchement, on peut légitimement penser que les Microarthropodes encore présents dans le sol sont essentiellement mycophages. L'analyse du régime alimentaire des animaux montrant une grande résistance à la sécheresse, telles que certaines espèces d'Acariens Oribates, devrait permettre de vérifier cette hypothèse.

D'autres observations microbiologiques nous inclinent à penser que les Microarthropodes trouvent une nourriture abondante dans le sol de la parcelle desséchée. En consultant les courbes de teneurs en eau dans la parcelle desséchée (Fig. 9), on constate que l'horizon 0 — 2,5 cm s'est enrichi momentanément ean eau à quatre reprises (décembre, février, avril, juillet), sans doute à la suite d'infiltrations causées par une chute de pluie abondante. Ces réhumectations périodiques ont eu pour effet d'intensifier l'activité microbiologique, ainsi que l'a montré BACHELIER (1968) dans son étude sur la minéralisation du carbone des sols. En expérimentant sur des échantillons de terre alternativement desséchés puis réhumectés, cet auteur a en effet montré que le dégagement de gaz carbonique correspondant à l'activité biologique globale de la microflore hétérotrophe est d'autant plus importante que la dessication est plus poussée. Nous avons récemment vérifié cette information en plaçant la parcelle témoin de notre station deux échantillons de sol (5 × 5 cm) préalablement desséchés à pF 5,0 et défaunés; après trois jours d'incubation dans les conditions écologiques naturelles, nous avons recensé en moyenne par échantillon 83 Collemboles et 34 Acariens. Cette première expérience apporte un argument supplémentaire qui confirme le pouvoir attractif d'un milieu « sec » sur les Microarthropodes du sol.

Nous comptons donner une suite à ces résultats en analysant *in situ* le comportement des Microarthropodes sous l'action d'une relance de l'activité microbiologique qui serait provoquée par un desséchement plus ou moins prononcé dans le sol.

REMERCIEMENTS

Ce travail a pu être réalisé grâce aux moyens mis à notre disposition par Monsieur le Professeur DELAMARE DEBOUTTEVILLE dans le cadre de la recherche coopérative sur programme n° 40, Ecologie du sol, avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique.

Nous sommes très heureux de remercier Monsieur I. ALPERN, Ingénieur électromécanicien au C.N.R.S., qui a réalisé et rendu fonctionnel notre projet d'assèchement du sol. Nous tenons également à remercier Madame F. ARPIN pour son aide précieuse dans le traitement des nombreuses données chiffrées de notre travail, Madame S. ROUSSEAU pour l'excellente qualité d'exécution des illustrations graphiques, Monsieur A. HEYMER, Chargé de recherche au C.N.R.S. pour ses épreuves photographiques et Madame M. DABBADIE qui a dactylographié notre manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

ATHIAS (F.), 1971. — Recherches écologiques dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) : étude quantitative préliminaire des Microarthropodes du sol. *La Terre et la Vie*, n° 3, 395-409.

BACHELIER (G.), 1968. — Contribution à l'étude de la minéralisation du carbone des sols. *Mémoires ORSTOM*, n° 3, 1-145.

DOMMERGUES (Y.), 1962. — Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols en zone semi-aride et en zone tropicale sèche. *Institut National de la Recherche Agronomique, Paris*, 1-157.

EMBERGER (L.), 1930. — Sur une formule applicable en géographie botanique. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 191, 389.

FISHER (R.A.) et YATES (F.), 1970. — Statistical tables for biological, agricultural and medical research. *Oliver and Boyd*, Edinburgh, sixth edition, 146 pages.

GRISOLLET (H.), GUILMET (B.) et ARLERY (R.), 1962. — Climatologie, méthodes et pratiques. *Gauthier-Villars, Paris*, 401 pages.

KNEULE (F.), 1964. — Le séchage. *Eyrolles, Paris*, 460 pages.

TAYLOR (B.J.R.), 1965. — The analysis of polymodial frequency distributions. *J. Anim. Ecol.*, 34, 445-452.

VANNIER (G.), 1970. — Réactions des Microarthropodes aux variations de l'état hydrique du sol. Techniques relatives à l'extraction des Arthropodes du sol. *Centre National de la Recherche Scientifique, Paris*, 319 pages.

VANNIER (G.) et THIBAUD (J.M.), 1971. — Relation entre l'activité motrice d'une espèce de Collemboles cavernicoles et les variations de température dans son biotope. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, T. VIII, 2, 261-286.

VANNIER (G.), 1971. — Signification de la persistance de la pédofaune après le point de flétrissement permanent dans les sols. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, T. VIII, 3, 343-365.